

**МИНОБРНАУКИ РОССИИ**  
**ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ**  
**ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ**  
**«ВОРОНЕЖСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ ИНЖЕНЕРНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ»**

**УТВЕРЖДАЮ**  
Проректор по учебной работе

\_\_\_\_\_ Василенко В.Н.

«25» мая 2023 г.

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА**  
**ДИСЦИПЛИНЫ**

**Химическая технология неорганических веществ**  
(наименование дисциплины)

Направление подготовки

**18.03.01 Химическая технология**  
(код и наименование направления подготовки)

Направленность (профиль)

**Технология неорганических, органических соединений**  
**и переработки полимеров**

Квалификация выпускника  
**Бакалавр**

Разработчики \_\_\_\_\_ Нифталиев С.И \_\_\_\_\_  
(подпись) (дата) (Ф.И.О.)

\_\_\_\_\_ Козадерова О.А. \_\_\_\_\_  
(подпись) (дата) (Ф.И.О.)

\_\_\_\_\_ Плотникова С.Е. \_\_\_\_\_  
(подпись) (дата) (Ф.И.О.)

СОГЛАСОВАНО:

**Заведующий кафедрой ТОСПП и ТБ**  
(наименование кафедры, являющейся ответственной за данное направление подготовки, профиль)

\_\_\_\_\_ 23.05.23 \_\_\_\_\_ Карманова О. В. \_\_\_\_\_  
(подпись) (дата) (Ф.И.О.)

## 1. Цели и задачи дисциплины

Целью освоения дисциплины является формирование компетенций обучающегося в следующих областях профессиональной деятельности и сферах профессиональной деятельности:

26 Химическое, химико-технологическое производство

(в сферах: производства неорганических веществ; производства продуктов основного и тонкого органического синтеза; производства полимерных материалов);

40 Сквозные виды профессиональной деятельности в промышленности (в сфере организации проведения научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ в области химического и химико-технологического производства).

Дисциплина направлена на решение задач профессиональной деятельности следующих типов:

*научно-исследовательский;*

*технологический;*

*организационно-управленческий.*

Программа составлена в соответствии с требованиями Федерального государственного образовательного стандарта высшего образования по направлению подготовки / специальности 18.03.01 - Химическая технология.

## 2. Перечень планируемых результатов обучения, соотнесенных с планируемыми результатами освоения образовательной программы

№ п/п	Код компетенции	Формулировка компетенции	Код и наименование индикатора достижения компетенции
1	УК-1	<i>Способен осуществлять поиск, критический анализ и синтез информации, применять системный подход для решения поставленных задач</i>	ИДЗ <sub>ук-1</sub> — рассматривает возможные варианты решения задачи, оценивая их достоинства и недостатки
2	ПКв-2	<i>Способен организовывать процесс производства выпускаемой продукции, выбирать и применять соответствующие методики анализа для обеспечения контроля качества сырья, вспомогательных материалов и готовых изделий с учетом требований нормативно-технической документации</i>	ИДЗ <sub>ПКв-2</sub> — Обеспечивает соответствие технологического процесса химического производства технологическому регламенту
3	ПКв-4	<i>Способность обеспечивать эффективное, экологически и технически безопасное производство на основе выбора и эксплуатации оборудования, оснастки, методов и приемов организации труда</i>	ИД2 <sub>ПКв-4</sub> — Разрабатывает мероприятия по устранению и предупреждению выпуска некачественной продукции

Код и наименование индикатора Достижения компетенции	Результаты обучения (показатели оценивания)
ИДЗ <sub>ук-1</sub> — Рассматривает возможные варианты решения задачи, оценивая их достоинства и недостатки	Знает: способы и базы поиска информации, методы анализа и синтеза информации; варианты поиска решения поставленных технологических задач
	Умеет: оценивать достоинства и недостатки найденных вариантов решения технологических задач
	Владеет: навыками применения системного подхода к решению задач производственной деятельности
ИДЗ <sub>ПКв-2</sub> — Обеспечивает соответствие технологического процесса химического производства технологическому регламенту	Знает: основные характеристики технологического процесса в соответствии с регламентом; характеристики основных параметров технологического процесса, методики анализа для обеспечения контроля качества сырья, вспомогательных материалов и готовых изделий с учетом требований нормативно-технической документации
	Умеет: использовать полученные знания при проведении технологического процесса; оценивать соответствие нормативам основных характеристик технологического процесса; применять методики анализа для обеспечения контроля качества сырья, вспомогательных материалов и готовых изделий с учетом требований нормативно-технической документации

	Владеет: навыками анализа и измерения характеристик основных Параметров технологического процесса и способен оценивать их соответствие требуемым нормативам
ИД2пкв-4 — Разрабатывает мероприятия по устранению и предупреждению выпуска некачественной продукции	Знает: оборудование, оснастку, методы и приемы организации труда, мероприятия по устранению и предупреждению выпуска некачественной продукции с учетом необходимости обеспечения эффективного, экологически и технически безопасного производства
	Умеет: подбирать необходимое для данного производства оборудование, оснастку, выбирать методы и приемы организации труда, мероприятия по устранению и предупреждению выпуска некачественной продукции с учетом необходимости обеспечения эффективного, экологически и технически безопасного процесса
	Владеет: навыками грамотной организации процесса с целью недопущения выпуска некачественной продукции

### 3. Место дисциплины в структуре ООП ВО

Дисциплина относится к части, формируемой участниками образовательных отношений Блока 1 ООП. Дисциплина является обязательной к изучению.

Изучение дисциплины основано на знаниях, умениях и навыках, полученных при изучении обучающимися дисциплин Неорганическая химия, Безопасность жизнедеятельности, Математика, Экология, Аналитическая химия и физико-химические методы анализа, Органическая химия, Физическая и коллоидная химия, Общая химическая технология и химические реакторы, Теоретические основы неорганического синтеза.

Дисциплина является предшествующей для Производственной практики (преддипломной практики).

### 4. Объем дисциплины и виды учебной работы

Общая трудоемкость дисциплины составляет **11** зачетных единиц.

Виды учебной работы	Всего академических часов	Распределение трудоемкости по семестрам, ак. ч	
		7 семестр	8 семестр
Общая трудоемкость дисциплины (модуля)	396,0	216	180
<b>Контактная работа в т.ч. аудиторные занятия:</b>	<b>181</b>	<b>95,7</b>	<b>85,3</b>
Лекции	62	30	32
<i>в том числе в форме практической подготовки</i>	-	-	-
Лабораторные занятия	102,0	60	48
<i>в том числе в форме практической подготовки</i>	102,0	60	48
Консультации текущие	2,9	1,5	1,6
Консультации перед экзаменом	4,0	2	2
Курсовой проект	2,0	2	-
Курсовая работа	1,5	-	1,5
<b>Вид аттестации (экзамен)</b>	<b>0,4</b>	<b>0,2</b>	<b>0,2</b>
<b>Самостоятельная работа:</b>	<b>147,4</b>	<b>86,5</b>	<b>60,9</b>
Проработка материалов по лекциям, учебникам, учебным пособиям	31,0	15	16
Подготовка к лабораторным занятиям	31,0	15	16
Курсовой проект / работа	73,0	50	23
Выполнение расчетов для ДЗ	27,6	6,5	10

### 5 Содержание дисциплины (модуля), структурированное по темам

(разделам) с указанием отведенного на них количества академических часов и видов учебных занятий

### 5.1 Содержание разделов дисциплины

№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Содержание раздела	Трудоемкость раздела, часы
<b>7 семестр</b>			
1	Промышленные способы получения водорода.	Способы и базы поиска информации по технологии неорганических веществ. Ректификация. Очистка воздуха перед ректификацией. Устройство ректификационной колонны и тарелок. Физико-химические основы конверсии метана водяным паром. Промышленная конверсия метана водяным паром. Конверсия оксида углерода водяным паром. Основные параметры технологических процессов.	34
2	Синтез аммиака.	Методы связывания атмосферного азота. Сырьевые ресурсы производства аммиака. Физико-химические основы процесса, равновесие реакции, кинетика, катализаторы и механизм превращения. Технологическая схема отделения синтеза аммиака. Оборудование, оснастка, методы и приемы организации труда, мероприятия по устранению и предупреждению выпуска некачественной продукции в технологии аммиака	35
3	Производство азотной кислоты.	Основы процесса окисления нитрозных газов. Процесс поглощения оксидов азота водой. Влияние различных факторов. Очистка отходящих газов. Технологическая схема получения разбавленной азотной кислоты. Получение концентрированной азотной кислоты концентрированием разбавленной. Прямой синтез концентрированной азотной кислоты. Достоинства и недостатки рассмотренных вариантов синтеза азотной кислоты. Оборудование, оснастка, методы и приемы организации труда, мероприятия по устранению и предупреждению выпуска некачественной продукции в технологии азотной кислоты	35,5
4	Производство серной кислоты.	Производство серной кислоты контактным методом. Физико-химические основы обжига флотационного колчедана в воздухе. Окисление диоксида серы в триоксид серы. Теоретические основы и влияние различных факторов на процесс. Получение олеума. Технологическая схема производства серной кислоты. Нитрозный способ получения серной кислоты. Достоинства и недостатки рассмотренных вариантов синтеза серной кислоты. Оборудование, оснастка, методы и приемы организации труда, мероприятия по устранению и предупреждению выпуска некачественной продукции в технологии серной кислоты	38
5	Производство фосфорной и соляной кислот. Производство гидроксида натрия	Различные способы получения фосфорной кислоты. Способы производства фосфорной кислоты. Производство экстракционной фосфорной кислоты. Дигидратный и полугидратный методы. Электротермический метод. Производство гидроксида натрия. Известковый способ. Выбор оптимальных параметров производства. Технологическая схема производства каустической соды. Производство электролизом. Теоретические основы процесса, выбор оптимальных условий. Устройство электролизеров, принцип их работы. Технологическая схема производства. Производство соляной кислоты. Сырьевые источники. Теоретические основы синтеза HCl. Конструкция печей. Технологическая схема производства из водорода и хлора.	34
<b>8 семестр</b>			
1	Введение в технологию минеральных удобрений	Промышленность минеральных удобрений. Классификация минеральных удобрений. Простые и сложные минеральные удобрения, азотные калийные фосфорные минеральные удобрения. Расчет питательной ценности минеральных удобрений.	18

2	Технология азотных удобрений	<p>Физико-химические основы получения карбамида. Технология карбамида с полным жидкостным рециклом. Сырье для производства карбамида. Физико-химические основы синтеза карбамида из аммиака и диоксида углерода. Получение карбамида по технологической схеме с полным жидкостным рециклом: технологическая схема, оборудование производства. Отходы производства. Физико-химические основы получения аммиачной селитры. Технология аммиачной селитры. Физико-химические свойства аммиачной селитры. Сырье и методы получения. Производство аммиачной селитры с выпаркой растворов: технологическая схема, оборудование производства. Отходы производства. Способы очистки отходов производства азотсодержащих удобрений (способы очистки сточных вод, очистка отходящих газов).</p> <p>Достоинства и недостатки рассмотренных вариантов получения азотных удобрений. Оборудование, оснастка, методы и приемы организации труда, мероприятия по устранению и предупреждению выпуска некачественной продукции в технологии азотных удобрений</p>	21
3	Технология калийных удобрений	<p>Роль калия в жизнедеятельности растений. Карналитовые и сильвинитовые руды. Технология хлорида калия. Технология нитрата калия. Физико-химические свойства нитрата калия. Способы получения. Получение нитрата калия конверсионным способом: физико-химические основы метода, сырье для производства нитрата калия, технологическая схема. Получение нитрата калия из хлорида калия и азотной кислоты. Отходы производства. Достоинства и недостатки рассмотренных вариантов получения калийных удобрений. Оборудование, оснастка, методы и приемы организации труда, мероприятия по устранению и предупреждению выпуска некачественной продукции в технологии калийных удобрений</p>	17
4	Технология фосфорных удобрений	<p>Состав, физические и химические свойства фосфорных удобрений. Технология простого суперфосфата. Состав и свойства простого суперфосфата. Сырье и способы получения. Физико-химические основы процесса: разложение фосфата серной кислотой, созревание суперфосфата, нейтрализация суперфосфата. Отходы производства. Технология двойного суперфосфата. Состав, свойства и способы получения: физико-химические основы получения, получение двойного суперфосфата поточным способом. Отходы производства.</p> <p>Технология фосфатов аммония. Получение аммофоса по схеме с упаркой пульпы в выпарных аппаратах и с грануляцией в аппарате БГС: технологическая схема, оборудование производства. Технология нитроаммофоски. Состав, свойства и способы получения. Азотнокислотный способ с вымораживанием нитрата кальция: физико-химические основы метода, технологическая схема. Нейтрализация смеси фосфорной и азотной кислот аммиаком: физико-химические основы метода, технологическая схема с аммонизатором-гранулятором. Оборудование производства. Отходы производства</p> <p>Способы очистки отходов производства фосфорсодержащих удобрений (очистка отходящих газов). Оборудование, оснастка, методы и приемы организации труда, мероприятия по устранению и Предупреждению выпуска некачественной продукции в технологии фосфорных и комплексных удобрений</p>	21

5	Растворимые соли в природе и методы их добычи. Получение хлорида и сульфата натрия	<p>Растворимые соли в природе и методы их добычи. Образование соляных залежей. Природные рассолы и классификация соляных озер. Разработка залежей ископаемых солей. Получение солей из рассолов и морской воды.</p> <p>Хлорид натрия. Свойства и применение. Сырье и методы производства. Получение садочной соли бассейнным способом. Производство выварочной соли. Получение хлорида натрия из галитовых отходов. Получение соли вымораживанием, высаливанием из раствора и перекристаллизацией. Тонкая (специальная очистка) поваренной соли. Брикетирование и борьба сослеживаемостью соли. Сульфат натрия. Свойства и применение. Сырье и методы производства. Физико-химические основы и способы получения мирабилита. Получение сульфата натрия методами плавления-выпаривания, высаливания и плавления. Получение сульфата натрия из твердых солевых отложений. Получение глауберовой соли.</p>	18
6	Производство кальцинированной и каустической соды.	<p>Получение соды методом Леблана. Принципиальная схема производства кальцинированной соды аммиачным способом. Приготовление известкового молока. Физико-химические основы процесса гашения извести. Карбонизация аммонизированного рассола. Физико-химические основы процесса карбонизации. Технологическая схема отделения. Основное оборудование. Технологические расчеты процесса карбонизации. Регулирование и контроль</p> <p>Процесса карбонизации аммонизированного рассола. Кальцинация гидрокарбоната натрия. Физико-химические основы процесса. Регенерация (дистилляция) аммиака в производстве кальцинированной соды. Физико-химические основы процесса. Производство кальцинированной соды из нефелина. Производство каустической соды. Сырье и методы производства. Химический способ получения едкого натра: известковый и ферритный. Принципиальная схема производства каустической соды ферритным способом. Физико-химические основы процесса получения каустической соды известковым способом. Электрохимический способ получения едкого натра. Технологические расчеты в производстве каустической соды. Оборудование, оснастка, методы и приемы организации труда, мероприятия по устранению и предупреждению выпуска некачественной продукции в технологии соды</p>	19
7	Получение солей бария, магния и меди	<p>Хлорид бария. Свойства и применение. Сырье и методы производства. Способы получения хлорида бария: хлоркальциевый, солянокислотный, хлорнатриевый, хлораммониевый, хлорный, карбонатный, электротермический. Гидроксид бария. Свойства и применение. Сырье и методы производства. Хлорид магния. Свойства и применение. Сырье и методы производства. Способы получения сульфата магния.</p> <p>Сульфат меди. Свойства и применение. Сырье и методы производства. Теоретические основы процесса получения медного купороса. Схема производства медного купороса непрерывным способом. Технологические расчеты процесса получения медного купороса из медного лома. Производство медного купороса из оксида меди(II). Технологическая схема производства медного купороса из белого матта. Получение медного купороса из оксида меди и сернистого газа. Получение медного купороса сульфатирующим способом обжига сульфидных руд. Получение медного купороса из колчеданных огарков. Получение медного купороса из отходов медэлектrolитных производств. Получение медного купороса электролизом. Оборудование, оснастка, методы и</p>	14

		приемы организации труда, мероприятия по устранению и предупреждению выпуска некачественной продукции в технологии солей бария, магния и меди	
8	Получение солей алюминия	Сульфат алюминия. Свойства и применение. Сырье и методы производства. Теоретические основы процесса получения сульфата алюминия. Получение сульфата алюминия из каолина. Получение неочищенного сульфата алюминия из каолина и нефелиновой муки. Получение сульфата алюминия из нефелина. Получение сульфата алюминия из бокситов. Оборудование, оснастка, методы и приемы организации труда, мероприятия по устранению и предупреждению выпуска некачественной продукции в технологии солей алюминия	13,1
9	<i>Консультации текущие</i>		2.9
10	<i>Консультации перед экзаменом</i>		4.0
11	<i>экзамен</i>		0.4

## 5.2 Разделы дисциплины и виды занятий

№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Лекции, ак.ч	ЛЗ, ак. ч	СРО, ак.ч
<b>7 семестр</b>				
1	Промышленные способы получения водорода.	6	12*	16
2	Синтез аммиака.	4	12*	19
3	Производство азотной кислоты.	6	12*	17,5
4	Производство серной кислоты	8	12*	18
5	Производство фосфорной и соляной кислот. Производство гидроксида натрия	6	12*	16
<b>8 семестр</b>				
1	Введение в технологию минеральных удобрений	2	7*	9
2	Технология азотных удобрений	4	8*	9
3	Технология калийных удобрений	4	4*	9
4	Технология фосфорных и комплексных удобрений	6	6*	9
5	Растворимые соли в природе и методы их добычи Получение хлорида и сульфата натрия	4	7*	7
6	Производство кальцинированной и каустической соды.	6	8*	7
7	Получение солей бария, магния и меди	4	4*	6
8	Получение солей алюминия	2	4*	4.9

\*в форме практической подготовки

### 5.2.1 Лекции

№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Тематика лекционных занятий	Трудоемкость, ак.ч
<b>7 семестр</b>			
1	Промышленные способы получения водорода	Ректификация. Очистка воздуха перед ректификацией. Устройство ректификационной колонны и тарелок. Паровоздушная конверсия природного газа. Физико-химические основы процесса, катализаторы конверсии метана. Получение технологического газа и аппаратное оформление процесса этой стадии. Конверсия оксида углерода водяным паром.	6

2	Синтез аммиака	Методы связывания атмосферного азота. Сырьевые ресурсы производства аммиака. Физико-химические основы процесса, равновесие реакции, кинетика, катализаторы и механизм превращения. Технологическая схема отделения синтеза аммиака.	4
3	Производство азотной кислоты	Физико-химические основы промышленного получения неконцентрированной азотной кислоты. Окисление аммиака кислородом воздуха, протекающие реакции, катализаторы, влияние технологических факторов на эффективность окисления аммиака до оксида азота (II). Переработка оксидов азота в азотную кислоту. Равновесие и скорость взаимодействия оксидов азота с водой. Особенности образования азотной кислоты в условиях конденсации паров воды. Влияние различных технологических факторов на процесс взаимодействия оксидов азота с водой. Каталитическая очистка выхлопных газов, параметры процесса и особенности. Другие способы очистки выхлопных газов. Технологическая схема получения разбавленной азотной кислоты. Получение концентрированной азотной кислоты концентрированием разбавленной.	6
4	Производство серной кислоты	Методы получения серной кислоты. Производство серной кислоты контактным методом. Получение диоксида серы путем обжига серосодержащего сырья. Физико-химические основы и технологическая схема обжига колчедана в воздухе. Сжигание серы. Механизм сжигания серы. Влияние давления на скорость горения серы. Обжиг сульфатов железа. Сжигание сероводорода. Очистка обжигового газа. Окисление диоксида серы в триоксид серы. Теоретические основы окисления диоксида серы на катализаторах, термодинамика, механизм и кинетика окисления диоксида серы, равновесная степень контактирования. Факторы, влияющие на скорость процесса окисления диоксида серы и равновесную степень контактирования. Выбор оптимальных условий окисления $SO_2$ в $SO_3$ .	8
5	Производство фосфорной и соляной кислот. Производство гидроксида натрия	Различные способы получения фосфорной кислоты. Экстракционная фосфорная кислота. Получение фосфорной кислоты дигидратным и полугидратно-дигидратным способами. Производство соляной кислоты. Производство гидроксида натрия. Известковый, ферритный и электрохимический методы получения.	6
<b>8 семестр</b>			
1	Введение в технологию минеральных удобрений	Промышленность минеральных удобрений. Физико-химические свойства минеральных удобрений	2
2	Технология азотных удобрений	Физико-химические основы получения карбамида. Технология карбамида с полным жидкостным рециклом.	2
		Физико-химические основы получения аммиачной селитры. Технология аммиачной селитры.	1
		Способы очистки отходов производства азотсодержащих удобрений (способы очистки сточных вод, очистка отходящих газов).	1
3	Технология калийных удобрений	Роль калия в жизнедеятельности растений. Карналитовые и сильвинитовые руды. Технология Хлорида калия.	2
		Технология нитрата калия	2
4	Технология фосфорных и комплексных	Состав, физические и химические свойства фосфорных удобрений.	2
		Технология простого суперфосфата Технология нитроаммофоски	2

	удобрений	Способы очистки отходов производства Фосфорсодержащих удобрений (очистка отходящих газов).	2
5	Растворимые соли в природе и методы их добычи Получение хлорида и сульфата натрия	Растворимые соли в природе и методы их добычи. Образование соляных залежей. Природные рассолы и классификация соляных озер.	1
		Хлорид натрия. Свойства и применение. Сырье и методы производства. Получение садочной соли бассейным способом. Производство выварочной соли. Получение соли вымораживанием, высаливанием из раствора и перекристаллизацией. Тонкая очистка поваренной соли. Брикетирование и борьба со слеживаемостью соли.	2
		Сульфат натрия. Свойства и применение. Сырье и методы производства. Физико-химические основы и способы получения мирабилита. Получение сульфата натрия методами плавления-выпаривания, высаливания и плавления. Получение сульфата натрия из твердых солевых отложений. Получение глауберовой соли.	1
6	Производство кальцинированной и каустической соды.	Получение соды методом Леблана. Производство кальцинированной соды аммиачным способом. Приготовление известкового молока. Карбонизация аммониированного рассола. Технологические расчеты процесса карбонизации. Регулирование и контроль процесса карбонизации. Кальцинация гидрокарбоната натрия. Регенерация (дистилляция) аммиака. Производство кальцинированной соды из нефелина.	3
		Производство каустической соды. Сырье и методы производства. Химический способ получения едкого натра: известковый и ферритный. Физико-химические основы процесса получения каустической соды известковым способом. Электрохимический способ получения едкого натра.	3
7	Получение солей бария, магния и меди	Хлорид бария. Свойства и применение. Сырье и методы производства. Способы получения хлорида бария: хлоркальциевый, солянокислотный, хлорнатриевый, хлораммониевый, хлорный, карбонатный, электротермический.	1

		Хлорид магния. Свойства и применение. Сырье и методы производства. Способы получения сульфата магния.	1
		Сульфат меди. Свойства и применение. Сырье и методы производства. Теоретические основы процесса получения медного купороса. Схема производства медного купороса непрерывным способом. Производство медного купороса из оксида меди(II). Технологическая схема производства медного купороса из белого матта. Получение медного купороса из оксида меди и Сернистого газа.	2
8	Получение солей алюминия	Сульфат алюминия. Свойства и применение. Сырье и методы производства. Теоретические основы процесса получения сульфата алюминия. Получение сульфата алюминия из каолина. Получение неочищенного сульфата алюминия из каолина и нефелиновой муки. Получение сульфата алюминия из нефелина. Получение сульфата алюминия из бокситов.	2

### 5.2.2 Практические занятия (семинары) "не предусмотрен"

### 5.2.3 Лабораторный практикум

п/п	Наименование раздела дисциплины	Тематика лабораторных занятий	Трудоемкость, час
<b>7 семестр</b>			
1	Промышленные способы получения водорода.	Правила работы в лаборатории. Техника безопасности.	2
		Расчет критериев эффективности химико-технологических процессов.	4
		Приготовление растворов с заданной концентрацией растворенного вещества.	4
2	Синтез аммиака.	Адсорбция аммиака из водного раствора на угле. Определение расходных коэффициентов, производительности в технологии синтеза аммиака.	4 2
3	Производство азотной кислоты.	Определение физико-химических показателей в продукционной азотной кислоте. Составление материального и теплового балансов в производстве азотной кислоты.	4 4
4	Производство серной кислоты	Определение тепловых эффектов разведения серной кислоты.	4
		Определение содержания железа(III) в серной и азотной кислотах.	4
		Составление материального и теплового балансов в производстве серной кислоты.	4
5	Производство фосфорной и соляной кислот. Производство гидроксида натрия	Получение гидроксида натрия электролизом водного раствора хлорида натрия.	2
		Получение гидроксида натрия электролизом водного раствора сульфата натрия.	4
		Определение расходных коэффициентов, производительности производств фосфорной и соляной кислот, гидроксида натрия.	3
<b>8 семестр</b>			
1	Введение в технологию минеральных удобрений	Правила работы в лаборатории. Техника безопасности.	3
		Расчет критериев эффективности химико-технологических процессов.	
		Определение истинной и насыпной плотности Минеральных удобрений	
		Распознавание минеральных удобрений	2
2	Технология азотных удобрений	Определение биурета в карбамиде	4
		Синтез и анализ аммиачной селитры и сульфата аммония в лабораторных условиях	4

3	Технология калийных удобрений	Расчеты по диаграмме взаимной растворимости в тройной системе хлорид калия – хлорид натрия- вода.	4
4	Технология фосфорных комплексных удобрений	Получение и анализ нитрата калия в лабораторных условиях	3
		Получение простого суперфосфата в лабораторных условиях	3
5	Растворимые соли в природе и методы их добычи Получение хлорида и Сульфата натрия	Очистка хлорида натрия методом перекристаллизации	3
		Получение мирабилита и определение температуры превращения его в безводную соль	4
6	Производство кальцинированной И каустической соды.	Технологические расчеты в производстве Кальцинированной соды	4
		Получение каустической соды известковым методом	4
7	Получение солей бария, магния и меди	Получение и анализ медного купороса	4
8	Получение солей алюминия	Получение и аналитический контроль в производстве сульфата алюминия	4

#### 5.2.4. Самостоятельная работа обучающихся

№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Вид СРО	Трудоемкость, ч ас
<b>7 семестр</b>			
1	Промышленные способы получения водорода.	Подготовка к лабораторным занятиям (собеседование, задача)	3
		Проработка материалов по лекциям, учебникам, учебным пособиям (собеседование, тестирование, решение кейс-заданий)	3
		Курсовой проект	10
2	Синтез аммиака.	Подготовка к лабораторным занятиям (собеседование, задача)	4
		Проработка материалов по лекциям, учебникам, учебным пособиям (собеседование, тестирование, решение кейс-заданий)	3
		Выполнение расчетов для ДЗ (Контрольная работа)	2
		Курсовой проект	10
3	Производство азотной кислоты.	Подготовка к лабораторным занятиям (собеседование, задача)	2
		Проработка материалов по лекциям, учебникам, учебным пособиям (собеседование, тестирование, решение кейс-заданий)	3
		Выполнение расчетов для ДЗ (Контрольная работа)	2,5
		Курсовой проект	10
4	Производство серной кислоты	Подготовка к лабораторным занятиям (собеседование, задача)	3
		Проработка материалов по лекциям, учебникам, учебным пособиям (собеседование, тестирование, решение кейс-заданий)	3
		Выполнение расчетов для ДЗ (Контрольная работа)	2
		Курсовой проект	10

5	Производство фосфорной и соляной кислот. Производство гидроксида натрия	Подготовка к лабораторным занятиям (собеседование, задача) Проработка материалов по лекциям, учебникам, учебным пособиям (собеседование, тестирование, решение кейс-заданий) Курсовой проект	3 3 10
<b>8 семестр</b>			
1.	Введение в технологию минеральных удобрений	Подготовка к лабораторным занятиям (собеседование, задача) Проработка материалов по лекциям, учебникам, учебным пособиям (собеседование, тестирование, решение кейс-заданий) Выполнение расчетов для ДЗ (Контрольная работа) Курсовая работа	9
2.	Технология азотных удобрений	Подготовка к лабораторным занятиям (собеседование, задача) Проработка материалов по лекциям, учебникам, учебным пособиям (собеседование, тестирование, решение кейс-заданий) Выполнение расчетов для ДЗ Курсовая работа	9
3.	Технология калийных удобрений	Подготовка к лабораторным занятиям (собеседование, задача) Проработка материалов по лекциям, учебникам, учебным пособиям (собеседование, тестирование, решение кейс-заданий) Выполнение расчетов для ДЗ	9
4.	Технология фосфорных и комплексных удобрений	Подготовка к лабораторным занятиям (собеседование, задача) Проработка материалов по лекциям, учебникам, учебным пособиям (собеседование, тестирование, решение кейс-заданий) Выполнение расчетов для ДЗ Курсовая работа	9
5.	Растворимые соли в природе и методы их добычи Получение хлорида и сульфата натрия	Подготовка к лабораторным занятиям (собеседование, задача) Проработка материалов по лекциям, учебникам, учебным пособиям (собеседование, тестирование, решение кейс-заданий) Выполнение расчетов для ДЗ	7
6	Производство кальцинированной и каустической соды.	Подготовка к лабораторным занятиям (собеседование, задача) Проработка материалов по лекциям, учебникам, учебным пособиям (собеседование, тестирование, решение кейс-заданий) Выполнение расчетов для ДЗ (Контрольная работа)	7
7	Получение солей бария, магния и меди	Подготовка к лабораторным занятиям (собеседование, задача) Проработка материалов по лекциям, учебникам, учебным пособиям (собеседование, тестирование, решение кейс-заданий) Выполнение расчетов для ДЗ	6

8	Получение солей алюминия	Подготовка к лабораторным занятиям (собеседование, задача) Проработка материалов по лекциям, учебникам, учебным пособиям (собеседование, тестирование, решение кейс-заданий)	4,9
---	--------------------------	---	-----

## 6 Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины (модуля)

Для освоения дисциплины обучающийся может использовать:

### 6.1 Основная литература

1. Ахметов Т.Г., Ахметова Р.Т., Гайсин Л.Г., Ахметова Л.Т. Химическая технология неорганических веществ. Книга 1. [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://e.lanbook.com/reader/book/92998/#1>

2. Ахметов Т.Г., Ахметова Р.Т., Гайсин Л.Г., Ахметова Л.Т. Химическая технология неорганических веществ. Книга 2. [Электронный ресурс]: Режим доступа: <https://e.lanbook.com/reader/book/89935/#1>

3. Нифталиев С.И., Перегудов Ю.С., Козадерова О.А., Малявина Ю.М. Технология подготовки сырья для неорганического производств. Лабораторный практикум. [Текст]: учеб.пособие.- Воронеж: ВГУИТ, 2015.—67с.

4. Нифталиев,С.И. Технология подготовки сырья для неорганических производств [Электронный ресурс]: учебное пособие. – Воронеж, 2014. Режим доступа:<https://e.lanbook.com/reader/book/72919/#1>

5. Нифталиев С.И., Кузнецова И.В.Технология керамики. Курс лекций [Электронный ресурс]: учебное пособие. - Воронеж, 2014 Режим доступа:<http://biblos.vsu.ru/ProtectedView/Book/ViewBook/878><https://e.lanbook.com/reader/book/72917/#1>

6. Технология минеральных удобрений [Электронный ресурс] : учеб. пособие / О.А. Козадерова, С. И. Нифталиев; Воронеж. гос. ун-т инж. технол.– Воронеж : ВГУИТ, 2014.–183 с. Режим доступа: <http://biblos.vsu.ru/ProtectedView/Book/ViewBook/890>  
<https://e.lanbook.com/reader/book/72918/#1>

7. Нифталиев, С. И. Очистка неорганических веществ. Лабораторный практикум [Электронный ресурс] : учебное пособие / С. И. Нифталиев, С. Е. Плотникова; ВГУИТ, Кафедра неорганической химии и химической технологии. - Воронеж : ВГУИТ, 2015. -52 с. Режим доступа:<http://biblos.vsu.ru/ProtectedView/Book/ViewBook/1145>

8. Нифталиев, С. И. Комплексное использование сырья [Электронный ресурс] :для обучающихся по специальности 18.05.02 / С. И. Нифталиев, Ю. С. Перегудов, О. А.Козадерова; ВГУИТ, Кафедра неорганической химии и химической технологии.- Воронеж, 2019. – 85 с. Режим доступа: <http://biblos.vsu.ru/ProtectedView/Book/ViewBook/5044>

### 6.2 Дополнительная литература

1. Химия. Большой энциклопедический словарь
2. «Журнал прикладной химии»
3. «Журнал физической химии»
4. Журнал «Вестник Воронежского государственного университета инженерных технологий»;
5. Журнал«Кинетика и катализ»
6. Физико-химические методы исследования в технологии неорганических веществ [Электронный ресурс] : методические указания к

лабораторным работам / С.И.Нифталиев[идр.]; ВГУИТ, Кафедра неорганической химии и химической технологии. - Воронеж, 2013. - 16 с. Режим доступа:<http://biblos.vsuet.ru/ProtectedView/Book/ViewBook/976>

### 6.3 Перечень учебно-методического обеспечения для самостоятельной работы обучающихся

1. Нифталиев, С. И. Расчеты материальных и тепловых балансов в технологии неорганических веществ [Текст]: учебное пособие / С.И.Нифталиев, С.Е.Плотникова, А.В.Астапов; ВГУИТ; науч.ред. С.И. Нифталиев.- Воронеж, 2014.- 52с.

2. Козадерова, О.А. Расчеты материальных и тепловых балансов в технологии минеральных удобрений [Электронный ресурс]: учебное пособие / О.А. Козадерова, С.И.Нифталиев; ВГУИТ, Кафедра неорганической химии и химической технологии. - Воронеж, 2018. - 55с. - Библиогр.: с.54. Режим доступа: <http://biblos.vsuet.ru/ProtectedView/Book/ViewBook/4446>

3. Козадерова, О. А. Материальные и тепловые балансы в технологии аммиака и азотной кислоты [Текст] : учебное пособие / О. А. Козадерова, С. И. Нифталиев, К. Б. Ким ; ВГУИТ, Кафедра неорганической химии и химической технологии. - Воронеж, 2020.-71с. Электрон.ресурс. -<http://biblos.vsuet.ru/ProtectedView/Book/ViewBook/1806>.

4. Козадерова, О.А. Задачи и упражнения по химической технологии неорганических веществ [Текст]: учебное пособие / О.А. Козадерова, С.И.Нифталиев, К.Б. Ким; ВГУИТ, Кафедра неорганической химии и химической технологии. -Воронеж, 2019. - 59 с. Электрон. ресурс. - <http://biblos.vsuet.ru/ProtectedView/Book/ViewBook/2087>.

### 6.4 Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», необходимых для освоения дисциплины (модуля)

Наименование ресурса сети «Интернет»	Электронный адрес ресурса
«Российское образование» - федеральный портал	<a href="https://www.edu.ru/">https://www.edu.ru/</a>
Научная электронная библиотека	<a href="https://elibrary.ru/defaultx.asp?">https://elibrary.ru/defaultx.asp?</a>
Национальная исследовательская компьютерная сеть России	<a href="https://niks.su/">https://niks.su/</a>
Информационная система «Единое окно доступа к образовательным ресурсам»	<a href="http://window.edu.ru/">http://window.edu.ru/</a>
Электронная библиотека ВГУИТ	<a href="http://biblos.vsuet.ru/megapro/web">http://biblos.vsuet.ru/megapro/web</a>
Сайт Министерства науки и высшего образования РФ	<a href="https://minobrnauki.gov.ru/">https://minobrnauki.gov.ru/</a>
Портал открытого on-line образования	<a href="https://npoed.ru/">https://npoed.ru/</a>
Электронная информационно-образовательная среда ФГБОУ ВО «ВГУИТ»	<a href="https://education.vsuet.ru/">https://education.vsuet.ru/</a>

### 6.5 Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине (модулю), включая перечень программного обеспечения, современных профессиональных баз данных и информационных справочных систем

При изучении дисциплины используется программное обеспечение, современные профессиональные базы данных и информационные справочные системы: ЭИОС университета, в том числе на базе программной платформы «Среда электронного обучения ЗКЛ», автоматизированная информационная база «Интернет-тренажеры».

При освоении дисциплины используется лицензионное и открытое программное обеспечение – н-р, ОС Windows, ОС ALT Linux.

## 7 Материально-техническое обеспечение дисциплины (модуля)

### Аудитории для проведения занятий лекционного типа

<p>Учебная аудитория №37 для проведения занятий лекционного типа, групповых и индивидуальных консультаций, промежуточной и итоговой аттестации.</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Комплект мебели для учебного процесса на 150 мест</li> <li>• Проектор Epson EB-955WH белый</li> <li>• Микшерный пульт с USB-интерфейсом Behringer Xenyx X1204USB</li> <li>• Активная акустическая система Behringer B112D Eurolive</li> <li>• Акустическая стойка Tempo SPS-280             <ul style="list-style-type: none"> <li>• Комплект из 3 микрофонов в кейсе Behringer XM1800S Ultravoice</li> </ul> </li> <li>• Микрофонная стойка Proel RSM180             <ul style="list-style-type: none"> <li>• 15.6" Ноутбук Acer Extensa EX2520G-51P0 черный</li> <li>• Веб-камера Logitech ConferenceCam BCC950 (USB)</li> </ul> </li> </ul> <p>Экран с электроприводом CLASSIC SOLUTION Classic Lyra (16:9) 308x220</p>	<p>Microsoft Open License Microsoft Windows Professional 8 Russian Upgrade Academic OPEN 1 License No Level#61280574 от 06.12.2012 г. <a href="http://eopen.microsoft.com">http://eopen.microsoft.com</a></p> <p>Microsoft Office 2007 Russian Academic OPEN No Level #44822753 от 17.11.2008 <a href="http://eopen.microsoft.com">http://eopen.microsoft.com</a></p> <p>Adobe Reader XI (бесплатное ПО) <a href="https://acrobat.adobe.com/ru/ru/acrobat/pdf-reader/volume-distribution.html">https://acrobat.adobe.com/ru/ru/acrobat/pdf-reader/volume-distribution.html</a></p>
---	---	--

Для проведения практических, лабораторных занятий, занятий семинарского типа, групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации в распоряжении кафедры имеется:

<p>Учебная аудитория № 020 для проведения занятий лекционного типа, практических занятий, групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля, промежуточной и итоговой аттестации.</p>	<p>Комплект мебели для учебного процесса Экран проекционный Мультимедийный проектор BenQ MW 519 Ноутбук Intel Core 2—1 шт. Плакаты, наглядные пособия, схемы. Рабочие места по количеству обучающихся. Рабочее место преподавателя</p>	<p>Microsoft Open License Microsoft Windows Professional 7 Russian Upgrade Academic OPEN 1 License No Level#47881748 от 24.12.2010г. <a href="http://eopen.microsoft.com">http://eopen.microsoft.com</a> Microsoft Open License Microsoft Office 2007 Russian Academic OPEN No Level #44822753 от 17.11.2008 <a href="http://eopen.microsoft.com">http://eopen.microsoft.com</a> Adobe Reader XI (бесплатное ПО) <a href="https://acrobat.adobe.com/ru/ru/acrobat/pdf-reader/volume-distribution.html">https://acrobat.adobe.com/ru/ru/acrobat/pdf-reader/volume-distribution.html</a></p>
<p>Учебная аудитория № 025 для проведения лабораторных и практических занятий, групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной</p>	<p>Комплект мебели для учебного процесса Печь муфельная ЭКПС 10-1 шт Плакаты, наглядные пособия, схемы. Рабочие места по количеству обучающихся. Рабочее место</p>	<p>ПО нет</p>

аттестации.	преподавателя	
Учебная аудитория № 027 для проведения лабораторных и практических занятий, групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации.	Комплект мебели для учебного процесса Шкаф сушильный ШС-80-01-1 шт Плакаты, наглядные пособия, схемы. Рабочие места по количеству обучающихся. Рабочее место преподавателя	ПО нет
Учебная аудитория № 029 для проведения лабораторных и практических занятий, групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации.	Комплект мебели для учебного процесса Шкаф сушильный тип. 23 151- 1 шт, Плакаты, наглядные пособия, схемы. Рабочие места по количеству обучающихся. Рабочее место преподавателя	ПО нет
Учебная аудитория № 016 для проведения лабораторных и практических занятий, групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации.	Комплект мебели для учебного процесса Магнитная мешалка типа ММ-4- 1 шт Плакаты, наглядные пособия, схемы. Рабочие места по количеству обучающихся. Рабочее место преподавателя	ПО нет
Учебная аудитория № 022 для проведения лабораторных и практических занятий, групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации.	Комплект мебели для учебного процесса Акводистиллятор ДЭ-15-1 шт, Термостат электрический суховоздушный охлаждающий ТСО-1/80-1 шт Плакаты, наглядные пособия, схемы. Рабочие места по количеству обучающихся. Рабочее место преподавателя	ПО нет

#### Аудитория для самостоятельной работы студентов

Кабинет для самостоятельной работы обучающихся № 033.	Комплект мебели для учебного процесса Кондуктометр DDS-11C (COND-51) – 1 шт., Весы НСВ 123 – 1 шт., Весы ВК-300.1 – 1 шт., Весы аналитические HR-250 AZG Водонепроницаемый стандартный	Microsoft Open License Microsoft WindowsXP Academic OPEN No Level #44822753 от 17.11.2008 <a href="http://eopen.microsoft.com">http://eopen.microsoft.com</a>  Microsoft Office 2010 Microsoft Office 2010 Russian Academic OPEN 1 License No Level #47881748 от 24.12.2010 г.
---	---	---

	<p>погружной/проникающий зонд тип TD=5 – 2 шт.,  Компьютер CeleronD 320-1 шт,  Высокотемпературный измерительный прибор с памятью данных Testo 735-2 – 1 шт.,  Иономер И-160МИ 0-14рН(рХ) – 1 шт.,  Источник питания постоянного тока АКИП Б5.30/10 – 1 шт.,  Спектрофотометр ПЭ-5300 В– 1 шт.,  Компьютер IntelCore 2DuoE7300-1 шт.,  Микроскоп Ievenhuk – 1 шт;  Сосуд криобилогический (Дьюра) X-40-СКП;  Прибор рН-метр РНер-4 – 1 шт.  Плакаты, наглядные пособия, схемы.  Рабочие места по количеству обучающихся.  Рабочее место преподавателя</p>	<p><a href="http://eopen.microsoft.com">http://eopen.microsoft.com</a>  AdobeReaderXI (бесплатное ПО)  <a href="https://acrobat.adobe.com/ru/ru/acrobat/pdf-reader/volume-distribution.html">https://acrobat.adobe.com/ru/ru/acrobat/pdf-reader/volume-distribution.html</a></p>
<p>Кабинет для самостоятельной работы обучающихся № 39.</p>	<p>Комплект мебели для учебного процесса  Компьютер CeleronD 2.8 -3 шт.  Персональный компьютер IntelCore 2 –1 шт.  Плакаты, наглядные пособия, схемы.  Рабочие места по количеству обучающихся.  Рабочее место преподавателя</p>	<p>Microsoft Open License  Microsoft WindowsXP  Academic OPEN No Level #44822753 от 17.11.2008  <a href="http://eopen.microsoft.com">http://eopen.microsoft.com</a>  Microsoft Office 2010 Microsoft Office 2010 Russian Academic OPEN 1 License No Level #47881748 от 24.12.2010 г.  <a href="http://eopen.microsoft.com">http://eopen.microsoft.com</a>  AdobeReaderXI (бесплатное ПО)  <a href="https://acrobat.adobe.com/ru/ru/acrobat/pdf-reader/volume-distribution.html">https://acrobat.adobe.com/ru/ru/acrobat/pdf-reader/volume-distribution.html</a></p>
<p>Кабинет для самостоятельной работы обучающихся № 024.</p>	<p>Комплект мебели для учебного процесса,  Микроколориметр МИД-200-1 шт  Плакаты, наглядные пособия, схемы.  Рабочие места по количеству обучающихся.  Рабочее место преподавателя</p>	<p>ПО нет</p>

Дополнительно, самостоятельная работа обучающихся, может осуществляться при использовании:

Ресурсный центр	Компьютеры со свободным доступом в сеть Интернет и Электронными библиотечными и информационно справочными системами.	Альт Образование 8.2 + LibreOffice 6.2+Maxima Лицензия № ААА.0217.00 с 21.12.2017 г. по «Бессрочно»
-----------------	--	--

## **8 Оценочные материалы для промежуточной аттестации обучающихся по дисциплине (модулю)**

**Оценочные материалы (ОМ)** для дисциплины (модуля) включают в себя:

- перечень компетенций с указанием индикаторов достижения компетенций, этапов их формирования в процессе освоения образовательной программы;
- описание шкал оценивания;
- типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки знаний, умений, навыков;
- методические материалы, определяющие процедуры оценивания знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности.

ОМ представляются отдельным комплектом и **входят в состав рабочей программы дисциплины в виде приложения.**

Оценочные материалы формируются в соответствии с П ВГУИТ «Положение об оценочных материалах».

**ПРИЛОЖЕНИЕ**  
к рабочей программе

**1. Организационно-методические данные дисциплины для заочной формы обучения**

**Объемы различных форм учебной работы и виды контроля в соответствии с учебным планом**

Общая трудоемкость дисциплины составляет 11 зачетных единиц.

Виды учебной работы	Всего академических часов	Распределение трудоемкости по семестрам, ак. ч	
		8 семестр	9 семестр
Общая трудоемкость дисциплины (модуля)	<b>396</b>	<b>216</b>	<b>180</b>
<b>Контактная работа</b> в т.ч. аудиторные занятия:	<b>58,2</b>	<b>32,5</b>	<b>25,7</b>
Лекции	18	10	8
<i>в том числе в форме практической подготовки</i>	-	-	-
Лабораторные занятия	28	16	12
<i>в том числе в форме практической подготовки</i>	28	16	12
Консультации текущие	2,7	1,5	1,2
Консультации перед экзаменом	4	2,0	2,0
Курсовая работа/проект	3,5	2,0	1,5
Рецензирование контрольной работы	1,6	0,8	0,8
<b>Вид аттестации (экзамен)</b>	0,4	0,2	0,2
<b>Самостоятельная работа:</b>	<b>324,2</b>	<b>176,7</b>	<b>147,5</b>
Проработка материалов по лекциям, учебникам, учебным пособиям	199,2	90,7	88,5
Подготовка к лабораторным занятиям	32	16	16
Курсовой проект/работа	73	50	23
Домашнее задание, реферат	20	10	10
Контрольная работа	20	10	10
<b>Подготовка к экзамену (контроль)</b>	<b>13,6</b>	<b>6,8</b>	<b>6,8</b>

**ОЦЕНОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ  
ДЛЯ ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ**

по дисциплине

**Химическая технология неорганических веществ**

## 1. Перечень компетенций с указанием этапов их формирования

№ п/п	Код компетенции	Формулировка компетенции	Код и наименование индикатора достижения компетенции
1	УК-1	Способен осуществлять поиск, критический анализ и синтез информации, применять системный подход для решения поставленных задач	ИД3 <sub>ук-1</sub> —рассматривает возможные варианты решения задачи, оценивая их достоинства и недостатки
2	ПКв-2	Способен организовывать процесс производства выпускаемой продукции, выбирать и применять соответствующие методики анализа для обеспечения контроля качества сырья, вспомогательных материалов и готовых изделий с учетом требований нормативно-технической документации	ИД3 <sub>ПКв-2</sub> — Обеспечивает соответствие технологического процесса химического производства технологическому регламенту
3	ПКв-4	Способность обеспечивать эффективное, экологически и технически безопасное производство на основе выбора и эксплуатации оборудования, оснастки, методов и приемов организации труда	ИД2 <sub>ПКв-4</sub> —Разрабатывает мероприятия по устранению и предупреждению выпуска Некачественной продукции

Код и наименование индикатора Достижения компетенции	Результаты обучения (показатели оценивания)
ИД3 <sub>ук-1</sub> — Рассматривает возможные варианты решения задачи, оценивая их достоинства и недостатки	Знает: способы и базы поиска информации, методы анализа и синтеза информации; варианты поиска решения поставленных технологических задач
	Умеет: оценивать достоинства и недостатки найденных вариантов решения технологических задач
	Владеет: навыками применения системного подхода к решению задач производственной деятельности
ИД3 <sub>ПКв-2</sub> — Обеспечивает соответствие технологического процесса химического производства технологическому регламенту	Знает: основные характеристики технологического процесса в соответствии с регламентом; характеристики основных параметров технологического процесса, методики анализа для обеспечения контроля качества сырья, вспомогательных материалов и готовых изделий с учетом требований нормативно-технической документации
	Умеет: использовать полученные знания при проведении технологического процесса; оценивать соответствие нормативам основных характеристик технологического процесса; применять методики анализа для обеспечения контроля качества сырья, вспомогательных материалов и готовых изделий с учетом требований нормативно-технической документации
	Владеет: навыками анализа и измерения характеристик основных Параметров технологического процесса и способен оценивать их соответствие требуемым нормативам
ИД2 <sub>ПКв-4</sub> — Разрабатывает мероприятия по устранению и предупреждению выпуска некачественной продукции	Знает: оборудование, оснастку, методы и приемы организации труда, мероприятия по устранению и предупреждению выпуска некачественной продукции с учетом необходимости обеспечения эффективного, экологически и технически безопасного производства
	Умеет: подбирать необходимое для данного производства оборудование, оснастку, выбирать методы и приемы организации труда, мероприятия по устранению и предупреждению выпуска некачественной продукции с учетом необходимости обеспечения эффективного, экологически и технически безопасного процесса
	Владеет: навыками грамотной организации процесса с целью недопущения выпуска некачественной продукции

## 2 Паспорт оценочных материалов по дисциплине

№ п/п	Разделы дисциплины	Индекс контролируемой	Оценочные средства		Технология/процедура оценивания (способ контроля)
			наименование	№№ заданий	

		компетенции (или ее части)			
7 семестр					
1	Промышленные способы получения водорода.	УК-1 ПКв-2 ПКв-4	Собеседование	1-4, 46	Контроль преподавателем
			Тестовые задания	85-86	Бланочное тестирование
			Задачи	155	Проверка преподавателем
			Кейс-задание	161	Проверка преподавателем
			Проект	172-173	Защита курсового проекта
2	Синтез аммиака.	УК-1 ПКв-2 ПКв-4	Собеседование	5-7,47	Контроль преподавателем
			Тестовые задания	87, 122-128	Бланочное тестирование
			Задачи	138-139, 145	Проверка преподавателем
			Проект	174-175	Защита курсового проекта
3	Производство азотной кислоты.	УК-1 ПКв-2 ПКв-4	Собеседование	8-11, 48	Контроль преподавателем
			Тестовые задания	88-90,106-107, 124-125	Бланочное тестирование
			Задачи	146, 156	Проверка преподавателем
			Кейс-задание	162	Проверка преподавателем
			Проект	176,183-184	Защита курсового проекта
4	Производство серной кислоты	УК-1 ПКв-2 ПКв-4	Собеседование	12-14, 49	Контроль преподавателем
			Тестовые задания	91-93,108-109, 126-127	Бланочное тестирование
			Задачи	140, 147, 157, 158	Проверка преподавателем
			Кейс-задание	163	Проверка преподавателем
			Проект	177,185-186	Защита курсового проекта
5	Производство фосфорной и соляной кислот. Производство гидроксида натрия	УК-1 ПКв-2 ПКв-4	Собеседование	15-20,50-53	Контроль преподавателем
			Тестовые задания	94-96,110, 128-129	Бланочное тестирование
			Задачи	141, 159	Проверка преподавателем
			Кейс-задание	164	Проверка преподавателем
			Проект	178-182	Защита курсового проекта
8 семестр					
1	Введение в технологию минеральных удобрений	УК-1 ПКв-2 ПКв-4	Собеседование	21-22	Контроль преподавателем (собеседование)
			Контрольные вопросы к текущим опросам по лабораторным работам	71-72	Защита лабораторной работы (собеседование)
			Курсовая работа	188-189	Контроль преподавателем
2	Технология азотных удобрений	УК-1 ПКв-2 ПКв-4	Собеседование	24-27,54-55, 58-59	Контроль преподавателем (собеседование)
			Тестовые задания	97-99, 111, 130	Компьютерное или бланочное тестирование
			Контрольные вопросы к текущим опросам по лабораторным работам	76-77, 80-83	Защита лабораторной работы (собеседование)
			Задачи	148—151	Проверка преподавателем
			Кейс-задание	169	Проверка преподавателем
			Курсовая работа	187	Контроль преподавателем
3	Технология калийных удобрений	УК-1 ПКв-2 ПКв-4	Собеседование	28-29, 56	Контроль преподавателем (собеседование)
			Контрольные вопросы к текущим опросам по лабораторным работам	73-74, 77, 84, 131	Защита лабораторной работы (собеседование)
			Тестовые задания	115-116, 119	Компьютерное или бланочное тестирование
			Задачи	152, 154	Проверка преподавателем
			Кейс-задание	164	Проверка преподавателем
			Курсовая работа	191-192, 196-	Контроль преподавателем

				199	
4	Технология фосфорных и комплексных удобрений	УК-1 ПКв-2 ПКв-4	Собеседование	30-32, 57, 60	Контроль преподавателем (собеседование)
			Тестовые задания	112-114, 117	Компьютерное или бланочное тестирование
			Задачи	153	Контроль преподавателем
			Контрольные вопросы к текущим опросам по лабораторным работам	75, 78-79, 118	Защита лабораторной работы (собеседование)
			Кейс-задание	165, 170	Проверка преподавателем
			Курсовая работа	190, 193-195	Контроль преподавателем
5	Растворимые соли в природе и методы их добычи Получение хлорида и сульфата натрия	УК-1 ПКв-2 ПКв-4	Собеседование	33-37, 61-62	Контроль преподавателем
			Тестовые задания	100, 120-121, 132	Компьютерное или бланочное тестирование
			Задачи	144	Контроль преподавателем
			Кейс-задача	166	Контроль преподавателем
6	Производство кальцинированной и каустической соды.	УК-1 ПКв-2 ПКв-4	Собеседование	42-43, 65-70	Контроль преподавателем
			Тестовые задания	101-102, 133-134	Компьютерное или бланочное тестирование
			Задачи	159-160	Контроль преподавателем
			Кейс-задача	167, 171	Контроль преподавателем
7	Получение солей бария, магния и меди	УК-1 ПКв-2 ПКв-4	Собеседование	38-41, 63-64	Контроль преподавателем
			Тестовые задания	103-104, 135	Компьютерное или бланочное тестирование
			Задачи	143	Контроль преподавателем
8	Получение солей алюминия	УК-1 ПКв-2 ПКв-4	Собеседование	44-45	Контроль преподавателем
			Тестовые задания	105, 136-137	Компьютерное или бланочное тестирование
			Задачи	142	Контроль преподавателем

### 3. Оценочные средства для промежуточной аттестации

**Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций в процессе освоения образовательной программы**

#### 3.1 Вопросы к собеседованию (коллоквиум, экзамен)

**3.1.1. УК-1 Способен осуществлять поиск, критический анализ и синтез информации, применять системный подход для решения поставленных задач**

№ задания	Формулировка вопроса
1.	Ректификация. Очистка воздуха перед ректификацией.
2.	Физико-химические основы конверсии метана водяным паром.
3.	Промышленная конверсия метана водяным паром.
4.	Конверсия оксида углерода водяным паром.
5.	Методы связывания атмосферного азота. Сырьевые ресурсы производства аммиака.
6.	Физико-химические основы процесса, равновесие реакции, кинетика, катализаторы и механизм превращения.
7.	Технологическая схема отделения синтеза аммиака.
8.	Основы процесса окисления нитрозных газов. Процесс поглощения оксидов азота водой.
9.	Получение концентрированной азотной кислоты концентрированием разбавленной (купоросное масло).
10.	Получение концентрированной азотной кислоты концентрированием разбавленной (нитрат магния)
11.	Прямой синтез концентрированной азотной кислоты.

12.	Производство серной кислоты контактным методом. Физико-химические основы обжига флотационного колчедана в воздухе.
13.	Окисление диоксида серы в триоксид серы. Теоретические основы и влияние различных факторов на процесс.
14.	Нитрозный способ получения серной кислоты.
15.	Различные способы получения фосфорной кислоты.
16.	Экстракционная фосфорная кислота.
17.	Получение фосфорной кислоты дигидратным и полугидратнодигидратным способами.
18.	Производство гидроксида натрия. Известковый способ. Выбор оптимальных параметров производства.
19.	Производство едкого натра электролизом. Теоретические основы процесса, выбор оптимальных условий.
20.	Производство соляной кислоты. Сырьевые источники. Теоретические основы синтеза HCl.
21.	Промышленность минеральных удобрений
22.	Классификация минеральных удобрений
23.	Физико-химические основы синтеза карбамида из аммиака и диоксида углерода;
24.	Получение карбамида по технологической схеме с полным жидкостным рециклом: описание технологической схемы, стадии производства.
25.	Свойства аммиачной селитры;
26.	Физико-химические основы синтеза аммиачной селитры;
27.	Производство аммиачной селитры с выпаркой растворов: описание технологической схемы, стадии производства.
28.	Конверсионный способ производства нитрата калия
29.	Получение нитрата калия из азотной кислоты и хлорида калия
30.	Технологическая схема получения простого суперфосфата камерным способом: описание, основные реакции.
31.	Технологическая схема получения нитроаммофоски с вымораживанием нитрата кальция: описание, основные реакции, аппаратура.
32.	Технологическая схема получения нитроаммофоски с аммонизатором-гранулятором: описание, основные реакции, аппаратурное оформление.
33.	Растворимые соли в природе и методы их добычи. Образование соляных залежей.
34.	Природные рассолы и классификация соляных озер.
35.	Хлорид натрия. Свойства и применение.
36.	Способы получения хлорида натрия. Получение садовой соли бассейным способом.
37.	Сульфат натрия. Свойства и применение.
38.	Хлорид бария. Свойства и применение. Способы получения хлорида бария.
39.	Хлорид магния. Свойства и применение. Способы получения хлорида магния.
40.	Сульфат магния. Свойства и применение. Способы получения сульфата магния.
41.	Сульфат меди. Свойства и применение. Способы получения сульфата меди. Получение сульфата меди из отходов медеэлектролитных производств.
42.	Карбонат натрия. Свойства и применение. Получение соды аммиачным способом. Стадия очистки раствора хлорида натрия.
43.	Каустическая сода. Свойства и применение. Способы получения каустической соды. Химические способы получения каустической соды.
44.	Сульфат алюминия. Свойства и применение. Сырье и методы производства. Теоретические основы процесса получения сульфата алюминия.
45.	Получение сульфата алюминия из бокситов.

**3.1.2. ПКв-4 способность обеспечивать эффективное, экологически и технически безопасное производство на основе выбора и эксплуатации оборудования, оснастки, методов и приемов организации труда**

№ задания	Формулировка вопроса
46.	Устройство ректификационной колонны и тарелок.
47.	Влияние различных факторов на синтез аммиака. Очистка отходящих газов.
48.	Технологическая схема получения разбавленной азотной кислоты.
49.	Получение олеума. Технологическая схема производства серной кислоты.

50.	Производство фосфорной кислоты электротермическим методом. Технологическая схема производства. Побочные компоненты, их утилизация.
51.	Технологическая схема производства каустической соды.
52.	Устройство электролизеров, принцип их работы. Технологическая схема производства гидроксида натрия электролизом.
53.	Конструкция печей для синтеза. Технологическая схема производства из водорода и хлора.
54.	Основное оборудование в технологической схеме получения карбамида с полным жидкостным рециклом.
55.	Основное оборудование технологической схемы производства аммиачной селитры с выпаркой растворов
56.	Побочные реакции в производстве нитрата калия
57.	Основное оборудование в технологической схеме получения простого суперфосфата камерным способом.
58.	Способы удаления аммиака, солей аммония и нитратов из сточных вод производства азотсодержащих минеральных удобрений
59.	Суть метода отдувки аммиака, оборудование для отдувки аммиака; Нитрификация-денитрификация; Принцип работы SBR-реактора; Сущность ионного обмена; Сущность электродиализной очистки нитрат- и аммонийсодержащих стоков.
60.	Способ обработки фторсодержащих газов в производстве простого суперфосфата.
61.	Производство выварочной соли.
62.	Способы получения сульфата натрия.
63.	Сульфат меди. Свойства и применение. Способы получения сульфата меди. Получение сульфата меди из медного лома
64.	Сульфат меди. Свойства и применение. Способы получения сульфата меди. Получение сульфата меди из оксида меди. Получение сульфата меди из оксида меди и сернистого газа.
65.	Карбонат натрия. Получение соды аммиачным способом. Стадия обжига известняка и получение известкового молока
66.	Карбонат натрия. Получение соды аммиачным способом. Стадия аммонизации рассола.
67.	Карбонат натрия. Получение соды аммиачным способом. Стадия карбонизации и фильтрации аммонизированного рассола.
68.	Карбонат натрия. Получение соды аммиачным способом. Стадия дистилляции.
69.	Карбонат натрия. Получение соды аммиачным способом. Отделение кальцинации.
70.	Получение сульфата алюминия из каолина, из каолина и нефелиновой муки, из нефелина

### 3.2 Контрольные вопросы к текущим опросам на лабораторных работах

**3.2.1 ПКв-2** Способен организовывать процесс производства выпускаемой продукции, выбирать и применять соответствующие методики анализа для обеспечения контроля качества сырья, вспомогательных материалов и готовых изделий с учетом требований нормативно-технической документации

№ задания	Формулировка вопроса
71.	Что такое истинная и насыпная плотность минеральных удобрений. С какой целью их определяют?
72.	Сущность пикнометрического метода определения плотности минеральных удобрений. Требования, предъявляемые к пикнометрической жидкости
73.	Роль ацетона при получении нитрата калия из хлорида калия и азотной кислоты в лаборатории
74.	Расчет норм исходных веществ при получении заданной массы нитрата калия
75.	Определение концентрации растворов по плотности

**3.2.2 ПКв-4** Способность обеспечивать эффективное, экологически и технически безопасное производство на основе выбора и эксплуатации оборудования, оснастки, методов и приемов организации труда

№ задания	Формулировка вопроса
76.	Качественные реакции на нитрат-ионы
77.	Качественные реакции на ионы аммония, на ионы калия и натрия, кальция
78.	Качественные реакции на сульфат-ионы, на хлорид-ионы, фосфат-ионы
79.	На каких стадиях технологического процесса производства карбамида образуется биурет. Реакция образования биурета при производстве карбамида. Нормы содержания биурета в карбамиде в зависимости от марки и назначения продукта
80.	Что такое тепловой эффект реакции нейтрализации?
81.	Расчет тепла, выделившегося при взаимодействии серной кислоты и гидроксида аммония
82.	Расчет тепла, выделившегося при взаимодействии азотной кислоты и гидроксида аммония
83.	В чем разница в лабораторном и промышленном способе получения аммиачной селитры: условия проведения процесса, оборудование?
84.	Получение нитрата калия в промышленности и в лаборатории: сравнительный анализ с точки зрения условий проведения процесса, сырья и вспомогательных компонентов, аппаратного оформления.

### 3.3. Тестовые задания (для контроля текущей успеваемости, защиты лабораторных работ)

#### 3.3.1 УК-1 Способен осуществлять поиск, критический анализ и синтез информации, применять системный подход для решения поставленных задач

№ задания	Тест (тестовое задание)
85.	При получении водорода конверсией сырьем является а) <b>природный газ</b> в) коксовый газ б) каменный уголь г) воздух
86.	В процессы конверсии метана водяным паром катализатором является а) <b>смесь оксида алюминия и оксида никеля</b> б) пористое железо в) палладий г) платина
87.	Для смещения равновесия синтеза аммиака в сторону большего выхода продукта необходимо а) <b>увеличивать давление</b> б) уменьшать давление в) увеличивать температуру г) <b>уменьшать температуру</b>
88.	Основным способом получения азотной кислоты является... а) получение из нитритов б) получение из нитратов в) получение из солей аммония г) <b>получение из аммиака</b>
89.	Третьей стадией получения азотной кислоты является... а) абсорбция монооксида азота водой б) абсорбция оксида азота водой в) абсорбция аммиака водой г) <b>абсорбция диоксида азота водой</b>
90.	В отсутствие катализатора окисление аммиака кислородом идет с образованием... а) <b>азота</b> б) оксида азота в) монооксида азота г) диоксида азота
91.	Раствор SO <sub>3</sub> в серной кислоте называется... а) пиритом б) разбавленной серной кислотой в) концентрированной серной кислотой г) <b>олеумом</b>
92.	Основным сырьем для получения серной кислоты является а) <b>пирит</b> б) доломит в) гашеная известь г) апатит
93.	Окисление пирита кислородом воздуха – _____ процесс а) <b>экзотермический</b> б) эндотермический в) гомогенный г) обратимый
94.	Среди представленных соединений каустической содой является: 1) Na <sub>2</sub> CO <sub>3</sub> 2) NaHCO <sub>3</sub> 3) <b>NaOH</b> 4) NaNO <sub>3</sub>
95.	Ферритный способ получения каустической соды заключается в получении феррита натрия, представленным в виде: 1) NaO·FeO 2) <b>Na<sub>2</sub>O·Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub></b> 3) NaO·Fe <sub>3</sub> O <sub>4</sub> 4) Na <sub>2</sub> O·Fe <sub>3</sub> O <sub>4</sub>
96.	Процесс каустификации - это: 1. <b>Взаимодействие раствора соды с известковым молоком</b> 2. Процесс влажного измельчения твердого продукта

	3. Высокотемпературное прокалывание порошка технической соды 4. Выпаривание растворителя из раствора
97.	Расположите основные этапы получения карбамида – «выпарка», «дистилляция», «грануляция», «синтез» - в верной последовательности(технология с полным жидкостным рециклом) <b>Ответ: «синтез», «дистилляция», «выпарка», «грануляция»,</b>
98.	Синтез карбамида. Какое давление поддерживается в колонне синтеза карбамида? (технология с полным жидкостным рециклом) 1) <b>20 МПа</b> 2)101,3 кПа 3) 20 кПа 4) вакуум
99.	Синтез карбамида (технология с полным жидкостным рециклом). В какой части промывной колонны образуется насыщенный раствор углеаммонийных солей? 1) В верхней 2) Центральной <b>3) Нижней</b> 4)По всему объему аппарата
100.	Зная, что воды Черного моря содержат 1,87% (по массе) солей, определите к какому типу природных вод они относятся 1) пресные 2) <b>солончатые</b> 3) соленые
101.	Установите соответствие между названием соды и формулой кальцинированная сода - $\text{Na}_2\text{CO}_3$ , питьевая сода $\text{NaHCO}_3$ кристаллическая сода $\text{Na}_2\text{CO}_3 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$ каустическая сода, $\text{NaOH}$
102.	Что понимают под термином «связанный аммиак»? а) химически связанный аммиак в солевом рассоле б) комплексное соединение аммиака с натрием <b>в) ионы аммония</b>
103.	В каком из способов производства хлорида бария применяют высаливание: 1) солянокислотный 2) <b>хлорнатриевый</b> 3) карбонатный 4) хлораммониевый 5) хлормагниевый 6) хлоркальциевый
104.	В каком из способов производства хлорида бария применяют выщелачивание: 1) солянокислотный 2) хлорнатриевый 3) карбонатный 4) хлораммониевый 5) хлормагниевый 6) <b>хлоркальциевый</b>
105.	Алюминиевые квасцы имеют общую формулу... а) $\text{Al}(\text{SO}_4)_3 \cdot 12\text{H}_2\text{O}$ ; б) <b><math>\text{M}_2\text{SO}_4 \cdot \text{Al}_2(\text{SO}_4)_3 \cdot 24\text{H}_2\text{O}</math></b> ; в) $\text{M}_2\text{SO}_4 \cdot \text{Al}_2(\text{SO}_4)_3 \cdot 12\text{H}_2\text{O}$ ; г) $\text{MAl}(\text{SO}_4)_3 \cdot 24\text{H}_2\text{O}$

**3.3.2. ПКв-2Способен организовывать процесс производства выпускаемой продукции, выбирать и применять соответствующие методики анализа для обеспечения контроля качества сырья, вспомогательных материалов и готовых изделий с учетом требований нормативно-технической документации**

№ задания	Тест (тестовое задание)
106.	Действием подкисленного раствора перманганата калия можно обнаружить в растворе ... <b>1) <math>\text{NO}_2</math></b> 2) $\text{SO}_4^{2-}$ 3) $\text{NO}_3^-$ 4) $\text{HPO}_4^{2-}$
107.	Необходимо контролировать в производственной азотной кислоте содержание 1) <b>железа</b> 2) кремния 3) алюминия 4) меди

108.	Для нейтрализации 42 мл раствора серной кислоты потребовалось 14 мл 0,3 моль/дм <sup>3</sup> раствора NaOH. Определите молярную концентрацию раствора серной кислоты. 1) <b>0,05 моль/дм<sup>3</sup></b> 2) 0,10 моль/дм <sup>3</sup> 3) 0,15 моль/дм <sup>3</sup> 4) 0,20 моль/дм <sup>3</sup>						
109.	После выпаривания 100 г воды из 400 г 30 %-ного раствора серной кислоты массовая доля серной кислоты в оставшемся растворе составит 1) 50 % 2) 45 % 3) 55 % 4) <b>40 %</b>						
110.	При растворении 67,2 дм <sup>3</sup> хлороводорода (н. у) в воде получен 0,3 моль/дм <sup>3</sup> раствор соляной кислоты. Объем этого раствора равен 1) 2,24 дм <sup>3</sup> 2) 3,00 дм <sup>3</sup> 3) <b>10,00 дм<sup>3</sup></b> 4) 22,40 дм <sup>3</sup>						
111.	При производстве аммиачной селитры реакция взаимодействия аммиака и азотной кислоты осуществляется в аппарате, который представляет собой 1) вертикальный цилиндр высотой 30 м с сетчатыми перегородками 2) <b>реакционный стакан, отделенный от внешнего корпуса цилиндрическим пространством</b> 3) цилиндр с коническим дном для сбора кристаллов 4) цилиндр, снабженный устройством подачи сжатого воздуха для перемешивания и острого пара для нагревания смеси						
112.	Первая стадия процесса получения простого суперфосфата протекает _____ (указать где) в течение _____ (указать время). 1) <b>в смесителе, 6-7 минут</b> 2) в суперфосфатной камере, 1,5-2 часа 3) в аммонизаторе-грануляторе, 1,5-2 часа 4) в суперфосфатной камере, 10-15 минут						
113.	Смеситель в схеме получения простого суперфосфата представляет собой: 1) одиночный цилиндрический аппарат с мешальным устройством; 2) цилиндрический аппарат с сетчатыми перегородками в нижней части; 3) <b>четырёхкамерный аппарат с мешальными устройствами;</b> 4) аппарат типа "стакан в стакане" для использования теплоты химической реакции.						
114.	Реакции получения простого суперфосфата. Установите соответствие:  А) $2\text{Ca}_5(\text{PO}_4)_3\text{F} + 7\text{H}_2\text{SO}_4 + 6,5\text{H}_2\text{O} = 3\text{Ca}(\text{H}_2\text{PO}_4)_2 \cdot \text{H}_2\text{O} + 7\text{CaSO}_4 \cdot 0,5\text{H}_2\text{O} + \text{HF}$ Б) $\text{Ca}_5(\text{PO}_4)_3\text{F} + 7\text{H}_3\text{PO}_4 + 5\text{H}_2\text{O} = 5\text{Ca}(\text{H}_2\text{PO}_4)_2 \cdot \text{H}_2\text{O} + \text{HF}$ В) $2\text{Ca}_5(\text{PO}_4)_3\text{F} + 10\text{H}_2\text{SO}_4 + 5\text{H}_2\text{O} = 6\text{H}_3\text{PO}_4 + 10\text{CaSO}_4 \cdot 0,5\text{H}_2\text{O} + 2\text{HF}$ <table border="1" style="margin-left: auto; margin-right: auto;"> <tbody> <tr> <td>Первая стадия процесса</td> <td><b>В</b></td> </tr> <tr> <td>Вторая стадия процесса</td> <td><b>Б</b></td> </tr> <tr> <td>Суммарное уравнение получения простого суперфосфата</td> <td><b>А</b></td> </tr> </tbody> </table>	Первая стадия процесса	<b>В</b>	Вторая стадия процесса	<b>Б</b>	Суммарное уравнение получения простого суперфосфата	<b>А</b>
Первая стадия процесса	<b>В</b>						
Вторая стадия процесса	<b>Б</b>						
Суммарное уравнение получения простого суперфосфата	<b>А</b>						
115.	Установите стадии получения хлорида калия галургическим методом в верной последовательности: возврат маточного раствора на стадию выщелачивания хлорида калия из сильвинита. выщелачивание хлорида калия из сильвинита, отделение раствора от шлама – хлорида натрия и глинистых веществ; кристаллизация хлорида калия; измельчение сильвинитовой руды; отделение кристаллов хлорида калия от маточного раствора и их сушка; <b>Ответ: измельчение сильвинитовой руды; выщелачивание хлорида калия из сильвинита, отделение раствора от шлама – хлорида натрия и глинистых веществ; кристаллизация хлорида калия; отделение кристаллов хлорида калия от маточного раствора и их сушка; возврат маточного раствора на стадию выщелачивания хлорида калия из сильвинита.</b>						
116.	Расположите стадии получения нитрата калия конверсионным способом в верной последовательности: Обменная реакция KCl и NaNO <sub>3</sub> и кристаллизация NaCl (при температуре 125-130 °С); Кристаллизация нитрата калия при 25-30 °С; Перекристаллизация нитрата калия; Сушка и упаковка целевого продукта. Растворение хлорида калия в растворе нитрата натрия при 60-70 °С; Фильтрация раствора смеси; Отделение осадка NaCl; <b>Ответ: Растворение хлорида калия в растворе нитрата натрия при 60-70 °С; Фильтрация раствора смеси; Обменная реакция KCl и NaNO<sub>3</sub> и кристаллизация NaCl (при температуре 125-130 °С); Отделение осадка NaCl; Кристаллизация нитрата калия при 25-30 °С; Перекристаллизация нитрата калия; Сушка и упаковка целевого продукта.</b>						
117.	Расположите стадии получения нитроаммофоски (азотнокислотный способ с вымораживанием нитрата кальция) в верной последовательности: гранулирование нитроаммофоски (NPK); рассев и обработка гранул поверхностно-активными добавками;						



	<b>D. Свыше 1000 °С</b>
129.	При электролитическом способе получения щелочи ее образование происходит 1) <b>на катоде</b> 2) на аноде 3) во всем растворе
130.	При продолжительном нагревании твердая аммиачная селитра вначале плавится, а при 110-115°С протекает реакция: <b><math>\text{NH}_4\text{NO}_3 = \text{NH}_3 + \text{HNO}_3</math> -168 кДж.</b> $\text{NH}_4\text{NO}_3 = \text{N}_2\text{O} + 2\text{H}_2\text{O} + 35,2$ кДж. $\text{NH}_4\text{NO}_3 + 2\text{NO}_2 = \text{N}_2 + 2\text{HNO}_3 + \text{H}_2\text{O} + 232$ кДж. $\text{NH}_4\text{NO}_3 = \text{N}_2 + 2\text{H}_2\text{O} + 1/2\text{O}_2 + 156$ кДж.
131.	Остаточное содержание влаги в целевом продукте – хлориде калия, полученном галурическим способом, составляет, %: <b>0,5 – 12)</b> 2,5 – 3 3) 4,5 – 5 4) 3,5 - 4
132.	В каком аппарате происходит окончательное обезвоживание соли? а) вакуум-выпарной аппарат; <b>б) центрифуга;</b> в) барабанная сушилка; г) ленточная сушилка.
133.	В чем состоит операция дистилляции фильтровой жидкости? а) повышение концентрации рассола за счет упаривания б) отгонка аммиака из фильтровой жидкости <b>в) отгонка аммиака и диоксида углерода из фильтровой жидкости</b>
134.	В чем состоит операция кальцинации содового производства? а) обжиг и разложение шламовых отходов <b>б) терморазложение гидрокарбоната натрия</b> в) обжиг и разложение известняка
135.	При производстве хлорида бария хлоркальциевым способом получение плава происходит при температуре: А. 780-1100 С Б. 550- 990 С <b>В. 1000- 1100 С.</b>
136.	Какая температура поддерживается в варочном котле, при получении неочищенного сульфата алюминия из каолина и нефелиновой муки? <b>100-110°С</b> 60-70°С 200-300°С
137.	При получении сульфата алюминия раздробленную глину подвергают обжигу. Для каких целей? <b>Для облегчения взаимодействия оксида алюминия с кислотой</b> Для очистки от нерастворимых примесей Для увеличения скорости кристаллизации сульфата алюминия Для уменьшения гидролиза сульфата алюминия

### 3.4 Задачи (задания) (коллоквиум, защита лабораторных работ )

3.4.1 УК-1 Способен осуществлять поиск, критический анализ и синтез информации, применять системный подход для решения поставленных задач

№ задания	Условие задачи (формулировка задания)
138.	Сколько аммиака в год в расчете на 100%-ный производит колонна синтеза, если за 8 ч вырабатывается 60 т 99%-ного аммиака? (Цех работает 355 дней в году.)  <b>Решение</b> За 8 часов (один день ) производится 100 % аммиака $60 \cdot 0,99 = 5,94$ т. За 1 год (355 дней) производится $5,94 \cdot 355 = 2108,7$ т

139.	<p>Определите годовую (365 дней) производительность колонны синтеза аммиака в расчете на 100 % мас. <math>\text{NH}_3</math> (в тыс.т), если за 8 часов вырабатывается 60000 кг 99 % мас. аммиака.</p> <p><b>Решение.</b>          За сутки 99 % мас. аммиака вырабатывается:  <math display="block">\frac{60000 \cdot 24}{8} = 180000 \text{ (кг)}, \text{ или } 180 \text{ т}</math>         Годовая производительность колонны синтеза аммиака составляет:  <math>180 \cdot 365 = 65700 \text{ (т)}</math> 99 % мас. <math>\text{NH}_3</math>.          Производительность колонны (в расчете на 100 % мас. аммиак)  <math display="block">\frac{65700 \cdot 99}{100} = 65043 \text{ (т/год)}</math></p>
140.	<p>Определите суточную производительность механической обжиговой печи (в т), если в течение часа обжигается 1900 кг природного колчедана, содержащего 21,5 % пустой породы. В огарок отходит 2 % колчедана <math>\text{FeS}_2</math></p> <p><b>Решение.</b>          Содержание <math>\text{FeS}_2</math> в природном колчедане составляет:  <math>100 - 21,5 = 78,5 \text{ (}\%)</math>.          Отсюда в 1900 кг колчедана содержится <math>\text{FeS}_2</math>  <math>1900 \cdot 0,785 = 1491,5 \text{ (кг)}</math>.          Отходит в огарок (2 %)  <math display="block">\frac{1491,5 \cdot 2}{100} \approx 29,8 \text{ (кг)} \text{ FeS}_2</math>         Суточная производительность обжиговой печи (в т) равна:  <math display="block">\frac{(1491,5 - 29,8) \cdot 24}{1000} \approx 35,1 \text{ (т/сут)} \text{ FeS}_2</math></p>
141.	<p>Для получения ортофосфорной кислоты используется фосфорит массой 500 кг, массовая доля ортофосфата в котором 0,75. Определите массу ортофосфорной кислоты, если выход кислоты 96 %.</p> <p><b>Решение</b>          Схема получения фосфорной кислоты <math>\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2 \rightarrow 2\text{H}_3\text{PO}_4</math>  <math>m(\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2) = 500 \cdot 0,75 = 375 \text{ (кг)}</math>  <math>n(\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2) = 375/310 = 1,21 \text{ (моль)}</math>  <math>n(\text{H}_3\text{PO}_4) = 1,21 \cdot 2 = 2,42 \text{ (моль)}</math>  <math>m(\text{H}_3\text{PO}_4) = 2,42 \cdot 98 = 237,16 \text{ (кг)}</math></p>
142.	<p>Найдите массу сульфата алюминия, который выделится из 32%-го раствора массой 200г, насыщенного при 100 °С, если охладить его до 0 °С. Коэффициент растворимости соли при 0 °С равен 0,033</p> <p><b>Решение</b>          В 200 г раствора содержится  <math>200 \cdot 0,32 = 64 \text{ г соли}</math>.          Массаводы (при 100 °С)  <math>200 - 64 = 136 \text{ г}</math>          При 0 °С (<math>K_0 = 0,033</math>) на 136 г воды приходится  <math>136 \cdot 0,033 = 4,5 \text{ г соли}</math>          Масса сульфата алюминия который выделится из раствора  <math>64 - 4,5 = 59,5</math></p>
143.	<p>Для перекристаллизации приготовлено 100 г насыщенного при 80 °С раствора сульфата магния. Рассчитайте массу осадка и потери вещества с маточным раствором при 20 °С, если коэффициент растворимости нитрата серебра при 80 °С и 20 °С равен соответственно 6,353 и 2,279.</p> <p><b>Решение</b>          Массовая доля <math>\omega = 635,3/735,3 = 86,4\%</math></p>

	<p>В 100 г раствора содержится 86,4 г сульфата магния и 13,6 г воды          При 20 °С  <math>2,279 \cdot 13,6 = 31</math> г - потери вещества с маточным раствором  <math>86,4 - 31 = 55,4</math> г масса осадка</p>
144.	<p>Для следующих показателей:</p> <p>1) В 100 г исходного раствора перед началом изогидрической кристаллизации содержится 55 г основного вещества и 15 г примеси.          2) В маточном растворе при конечных условиях кристаллизации содержится 20 г основного вещества и 10 г примеси.          Рассчитайте концентрации (в массовых долях) основного вещества и примеси в исходном и маточном растворе. Определите концентрации (в массовых долях) основного вещества и примеси в кристаллах</p> <p><b>Решение</b></p> <p>1) концентрация основного вещества в исходном растворе перед началом кристаллизации  <math>c_{исх} = (55/100) \cdot 100\% = 55\%</math></p> <p>2) концентрацию примеси в исходном растворе перед началом кристаллизации  <math>a_{исх} = (15/100) \cdot 100\% = 15\%</math></p> <p>3) концентрация основного вещества в маточном растворе при конечных условиях кристаллизации <math>c_m</math>;  <math>m_{воды} = 100 - 55 - 15 = 30</math> (г)  <math>m_{р-ра} = m_{воды} + m_{в-ва} + m_{прим} = 30 + 20 + 10 = 60</math> (г)  <math>c_m = (20/60) \cdot 100\% = 33\%</math></p> <p>4) концентрация примеси в маточном растворе при конечных условиях кристаллизации <math>a_m</math>;  <math>a_m = (10/60) \cdot 100\% = 17\%</math></p> <p>5) концентрацию основного вещества в кристаллах <math>c_{кр}</math>  <math>m_{в-ва} = 55 - 20 = 35</math> (г)  <math>m_{прим} = 15 - 10 = 5</math> (г)  <math>m_{кр} = m_{в-ва} + m_{прим} = 35 + 5 = 40</math> (г)  <math>c_{кр} = (35/40) \cdot 100\% = 87,5\%</math>  <math>a_{кр} = (5/40) \cdot 100\% = 12,5\%</math></p>

**3.4.2. ПКв-2 Способен организовывать процесс производства выпускаемой продукции, выбирать и применять соответствующие методики анализа для обеспечения контроля качества сырья, вспомогательных материалов и готовых изделий с учетом требований нормативно-технической документации**

№ задания	Условие задачи (формулировка задания)												
145.	<p>Необходимо приготовить 200 г. 5 %-ного раствора аммиака. Исходный раствор имеет плотность 0,8955 г/см<sup>3</sup>. Сколько исходного раствора и воды нужно взять?</p> <p><b>Решение</b>          Определим концентрацию исходного раствора аммиака с данным значением плотности. Пользуясь данными справочника запишем таблицу</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>Плотность, г/см<sup>3</sup></th> <th>Массовая доля, %</th> <th>Плотность, г/см<sup>3</sup></th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>0,8980</td> <td>28</td> <td>0,8955</td> </tr> <tr> <td>0,8920</td> <td>30</td> <td>0,8920</td> </tr> <tr> <td>0,006</td> <td>2</td> <td>0,0035</td> </tr> </tbody> </table> <p>0,0035 x  <math>x = 2 \cdot 0,0035 / 0,006 = 1,167</math>  <math>w = 30 - 1,167 = 28,833(\%)</math>          Масса вещества в растворе <math>200 \cdot 0,05 = 10</math> (г)          Масса исходного раствора <math>10 / 0,28833 = 34,68</math> (г)          Объем раствора аммиака исходя из его плотности <math>34,68 / 0,8955 = 38,73</math> (см<sup>3</sup>)          Масса воды <math>200 - 34,68 = 165,32</math> (г)          Объем воды 165,32 см<sup>3</sup></p>	Плотность, г/см <sup>3</sup>	Массовая доля, %	Плотность, г/см <sup>3</sup>	0,8980	28	0,8955	0,8920	30	0,8920	0,006	2	0,0035
Плотность, г/см <sup>3</sup>	Массовая доля, %	Плотность, г/см <sup>3</sup>											
0,8980	28	0,8955											
0,8920	30	0,8920											
0,006	2	0,0035											

146.	<p>Необходимо приготовить 200 г. 15 % -ного раствора азотной кислоты. Исходный раствор имеет плотность 1,3742 г/мл. Сколько исходного раствора и воды нужно взять?</p> <p><b>Решение</b>          Определим концентрацию исходной кислоты с данным значением плотности          Пользуясь данными справочника запишем таблицу</p> <table border="1" data-bbox="336 398 1094 528"> <thead> <tr> <th>Плотность, г/см<sup>3</sup></th> <th>Массовая доля, %</th> <th>Плотность, г/см<sup>3</sup></th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>1,377</td> <td>62</td> <td>1,3770</td> </tr> <tr> <td>1,367</td> <td>60</td> <td>1,3742</td> </tr> <tr> <td>0,010</td> <td>2</td> <td>0,0028</td> </tr> </tbody> </table> <p> <math>0,0028 \quad x</math>  <math>x = 2 \cdot 0,0028 / 0,010 = 0,56</math>  <math>w = 62 - 0,56 = 61,44(\%)</math>          Масса вещества в растворе <math>200 \cdot 0,15 = 30</math> (г)          Масса исходного раствора <math>30 / 0,6144 = 48,83</math> (г)          Объем раствора кислоты исходя из плотности <math>48,83 / 1,3742 = 35,53</math> (см<sup>3</sup>)          Масса воды <math>200 - 35,53 = 164,47</math> (г)          Объем воды <math>165,32</math> см<sup>3</sup> </p>	Плотность, г/см <sup>3</sup>	Массовая доля, %	Плотность, г/см <sup>3</sup>	1,377	62	1,3770	1,367	60	1,3742	0,010	2	0,0028
Плотность, г/см <sup>3</sup>	Массовая доля, %	Плотность, г/см <sup>3</sup>											
1,377	62	1,3770											
1,367	60	1,3742											
0,010	2	0,0028											
147.	<p>Необходимо приготовить 250 г. 5 % -ного раствора серной кислоты. Исходный раствор имеет плотность 1,835 г/мл. Сколько исходного раствора и воды нужно взять?</p> <p><b>Решение</b>          Определим концентрацию исходной кислоты с данным значением плотности          Пользуясь данными справочника запишем таблицу</p> <table border="1" data-bbox="336 1016 1094 1146"> <thead> <tr> <th>Плотность, г/см<sup>3</sup></th> <th>Массовая доля, %</th> <th>Плотность, г/см<sup>3</sup></th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>1,8355</td> <td>96</td> <td>1,8355</td> </tr> <tr> <td>1,8312</td> <td>94</td> <td>1,8350</td> </tr> <tr> <td>0,0043</td> <td>2</td> <td>0,0005</td> </tr> </tbody> </table> <p> <math>0,0005 \quad x</math>  <math>x = 2 \cdot 0,0005 / 0,0043 = 0,23</math>  <math>w = 96 - 0,23 = 95,77</math> (%)          Масса вещества в растворе <math>250 \cdot 0,05 = 12,5</math> (г)          Масса исходного раствора <math>12,5 / 0,9577 = 13,05</math> (г)          Объем раствора кислоты исходя из плотности <math>13,05 / 1,835 = 7,11</math> (см<sup>3</sup>)          Масса воды <math>200 - 7,11 = 192,89</math> (г)          Объем воды <math>192,89</math> см<sup>3</sup> </p>	Плотность, г/см <sup>3</sup>	Массовая доля, %	Плотность, г/см <sup>3</sup>	1,8355	96	1,8355	1,8312	94	1,8350	0,0043	2	0,0005
Плотность, г/см <sup>3</sup>	Массовая доля, %	Плотность, г/см <sup>3</sup>											
1,8355	96	1,8355											
1,8312	94	1,8350											
0,0043	2	0,0005											
148.	<p>Определите питательную ценность аммиачной селитры.          Решение:</p> $\omega_{\text{N}}^{\text{NH}_4\text{NO}_3} = \frac{2\text{Ar}(\text{N})}{\text{Mr}(\text{NH}_4\text{NO}_3)} \cdot 100 = \frac{2 \cdot 14}{88} \cdot 100 = 35 \%,$ <p>Ответ: 35 %.</p>												
149.	<p>Объем колонны синтеза карбамида составляет 160 м<sup>3</sup>. Производительность по карбамиду 1250 т/сут. Определите интенсивность аппарата (<math>\frac{\text{кг}}{\text{ч} \cdot \text{м}^3}</math>).</p> <p>Решение.</p> $I = \frac{\Pi}{V} = \frac{1250 \text{ т/сут}}{160 \text{ м}^3} = 2,8 \frac{\text{т}}{\text{сут} \cdot \text{м}^3} = 115,7 \frac{\text{кг}}{\text{ч} \cdot \text{м}^3}.$ <p>Ответ: интенсивность колонны синтеза карбамида <math>115,7 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3 \cdot \text{ч}}</math>.</p>												
150.	<p>Определите выход аммиачной селитры, если на получение 18700 кг нитрата аммония израсходовано 19724 л 57 %-ной азотной кислоты (плотность 1351 кг/м<sup>3</sup>).</p> <p>Решение.</p>												

	<p> <math>19724 \text{ л} = 19724 \text{ дм}^3 = 19,724 \text{ м}^3</math>  <math>m(\text{раствора HNO}_3) = 19,724 \text{ м}^3 \cdot 1351 \text{ кг/м}^3 = 26647,12 \text{ кг.}</math>  <math>m(\text{HNO}_3) = m(\text{раствора HNO}_3) \cdot 0,57 = 26647,12 \cdot 0,57 \text{ кг} = 15188,86 \text{ кг.}</math>  <math>M(\text{HNO}_3) = 63 \text{ г/моль} = 63 \text{ кг/кмоль.}</math>  <math>n(\text{HNO}_3) = 15188,86 \text{ кг} / 63 \text{ кг/кмоль} = 241,09 \text{ кмоль.}</math>  <math>n(\text{NH}_4\text{NO}_3) = 241,09 \text{ кмоль.}</math>  <math>M(\text{NH}_4\text{NO}_3) = 80 \text{ г/моль.}</math>  <math>m(\text{NH}_4\text{NO}_3) = 241,09 \cdot 80 = 19287,44 \text{ кг.}</math>  Выход = <math>18700 \text{ кг} / 19287,44 \text{ кг} \cdot 100 = 96,96 \%</math>.  Ответ: 96,96 %. </p>
151.	<p>Энтальпия реакции нейтрализации аммиака 52,5 %-ной азотной кислотой <math>\Delta H = -106,09</math> кДж/моль. Определите, сколько воды может испариться за счет теплоты реакции нейтрализации 212,5 кг аммиака при степени превращения аммиака 98 %. Энтальпия парообразования воды <math>\Delta H = -2684</math> кДж/кг.</p> <p>Решение.</p> <p>Найдем количество теплоты, выделяющейся при нейтрализации 212,5 кг аммиака:</p> $Q = \frac{212,5 \text{ кг}}{17 \text{ кг/кмоль}} \cdot 0,98 \cdot 106,09 \cdot 1000 \frac{\text{кДж}}{\text{кмоль}} = 1\,229\,602,5 \text{ кДж.}$ <p>И массу воды, которую может превратить в пар это количество теплоты:</p> $m = \frac{1299602,5 \text{ кДж}}{2684 \text{ кДж/кг}} = 484,2 \text{ кг.}$ <p>Ответ: за счет теплоты реакции нейтрализации может испариться 484,2 кг воды.</p>
152.	<p>Для дробления силвинита применяют стержневые мельницы, производительность которых 25 т/ч. Полезный объем одной мельницы 32 м<sup>3</sup>. Определите интенсивность стержневой мельницы при работе в течение суток.</p> <p>Решение</p> $I = \frac{\Pi}{V} = \frac{25 \text{ т/ч} \cdot 24 \text{ ч}}{32 \text{ м}^3} = 18,75 \frac{\text{т}}{\text{сут} \cdot \text{м}^3}.$
153.	<p>Вычислите процентное содержание фторапатита <math>3\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2 \cdot \text{CaF}_2</math> и примесей в хибинской руде, если, по данным анализа, в ней содержится 32 % мас. <math>\text{P}_2\text{O}_5</math>.</p> <p>Решение.</p> <p>Определим массовую долю <math>\text{P}_2\text{O}_5</math> в чистом фторапатите:</p> $\omega(\text{P}_2\text{O}_5)_{3\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2 \cdot \text{CaF}_2} = \frac{3 \cdot M_r(\text{P}_2\text{O}_5)}{M_r(3\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2 \cdot \text{CaF}_2)} = \frac{3 \cdot 142}{1008} = 0,42.$ <p>Здесь <math>M_r(3\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2 \cdot \text{CaF}_2)</math> и <math>M_r(\text{P}_2\text{O}_5)</math> – относительные молекулярные массы фторапатита и <math>\text{P}_2\text{O}_5</math>.</p> <p>Рассмотрим 100 кг хибинской руды. В этой массе руды содержится 32 кг <math>\text{P}_2\text{O}_5</math> (по условию). Зная массовую долю <math>\text{P}_2\text{O}_5</math> в апатите найдем, сколько фторапатита будет содержаться в руде:</p> $\omega(\text{P}_2\text{O}_5)_{3\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2 \cdot \text{CaF}_2} = \frac{m(\text{P}_2\text{O}_5)}{m(3\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2 \cdot \text{CaF}_2)};$ $m(3\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2 \cdot \text{CaF}_2) = \frac{m(\text{P}_2\text{O}_5)}{\omega(\text{P}_2\text{O}_5)_{3\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2 \cdot \text{CaF}_2}} = \frac{32}{0,42} = 76,2 \text{ кг.}$ <p>Если мы брали для рассмотрения 100 кг руды, то эта масса фторапатита будет составлять 76,2 %. Значит, примесей будет <math>100 - 76,2 = 23,8 \%</math>.</p> <p>Ответ: содержание фторапатита 76,2 %, содержание примесей 23,8 %.</p>
154.	<p>Какая масса раствора азотной кислоты с массовой долей 40 % необходима для получения 1 тонны нитрата калия по реакции: <math>\text{KCl} + \text{HNO}_3 = \text{KNO}_3 + \text{HCl}</math>?</p> <p>Решение.</p> <p><math>M(\text{KNO}_3) = 101 \text{ г/моль} = 101 \text{ кг/кмоль.}</math>  <math>n(\text{KNO}_3) = 1000 \text{ кг} / 101 \text{ кг/кмоль} = 9,9 \text{ кмоль.}</math>  <math>n(\text{HNO}_3) = 9,9 \text{ кмоль.}</math>  <math>m(\text{HNO}_3) = 9,9 \cdot 63 = 623,7 \text{ кг.}</math></p>

	$m(\text{раствора HNO}_3) = 623,7/0,40 = 1559,25 \text{ кг.}$ Ответ: 1559,25 кг.
--	---

### 3.4.3. ПКв-4 Способность обеспечивать эффективное, экологически и технически безопасное производство на основе выбора и эксплуатации оборудования, оснастки, методов и приемов организации труда

№ задания	Условие задачи (формулировка задания)
155.	<p>Определите состав конвертированного газа, предназначенного для синтеза аммиака, который получают при конверсии метана смесью водяного пара и воздуха, обогащенного кислородом. Соотношение между объемами компонентов <math>\text{CH}_4:\text{H}_2\text{O}:\text{O}_2:\text{N}_2</math> в исходной газовой смеси равно <math>1 : 1 : 0,6 : 0,9</math>. Принять, что равновесный состав конвертированного газа определяется реакциями:</p> $\text{CH}_4 + \text{H}_2\text{O} \leftrightarrow \text{CO} + 3\text{H}_2,$ $\text{CO} + \text{H}_2\text{O} \leftrightarrow \text{CO}_2 + \text{H}_2.$ <p>Степень конверсии метана 0,993; степень конверсии CO 0,323. При решении задачи необходимо учесть реакцию</p> $2\text{H}_2 + \text{O}_2 \leftrightarrow 2\text{H}_2\text{O}$ <p><b>Решение</b></p> <p>Примем исходный объем компонентов метана и воды равным 1 дм<sup>3</sup>. По соотношению объем кислорода 0,6 дм<sup>3</sup>, азота 0,9 дм<sup>3</sup>.</p> <p>Учитывая степень конверсии метана объемы метана и воды, вступившие в реакцию, равны 0,993 дм<sup>3</sup>. Образовалось 0,993 дм<sup>3</sup> CO и 2,979 дм<sup>3</sup> водорода.</p> <p>Для реакции <math>2\text{H}_2 + \text{O}_2 \leftrightarrow 2\text{H}_2\text{O}</math> степень превращения примем равной 1, расчет по кислороду, т.к он в недостатке.</p> <p>Вступило в реакцию 0,6 дм<sup>3</sup> кислорода и 1,2 дм<sup>3</sup> водорода, образовалось 1,2 дм<sup>3</sup> газообразной воды.</p> <p>Степень конверсии CO 0,323, отсюда в реакцию вступило <math>0,323 \cdot 0,993 = 0,321</math> дм<sup>3</sup> оксида углерода (II). Для других компонентов <math>V(\text{H}_2\text{O}) = 0,321</math> дм<sup>3</sup>, <math>V(\text{H}_2) = 0,321</math> дм<sup>3</sup>, <math>V(\text{CO}_2) = 0,321</math> дм<sup>3</sup>.</p> <p>Состав конвертированного газа: <math>V(\text{CH}_4) = 0,007</math> дм<sup>3</sup>, <math>V(\text{N}_2) = 0,9</math> дм<sup>3</sup>, <math>V(\text{CO}) = 0,672</math> дм<sup>3</sup>, <math>V(\text{H}_2\text{O}) = 0,886</math> дм<sup>3</sup>, <math>V(\text{H}_2) = 2,1</math> дм<sup>3</sup>, <math>V(\text{CO}_2) = 0,321</math> дм<sup>3</sup>.</p>
156.	<p>Азотную кислоту получают окислением аммиака кислородом воздуха с последующей переработкой образующихся оксидов азота. Окисление аммиака описывается уравнением</p> $4\text{NH}_3 + 3\text{O}_2 = 4\text{NO} + 6\text{H}_2\text{O} + 905,8 \text{ кДж/моль} \quad (10)$ <p>Одновременно с основной реакцией протекают побочные, которые можно выразить суммарным уравнением:</p> $4\text{NH}_3 + 3\text{O}_2 = 2\text{N}_2 + 6\text{H}_2\text{O} + 1266,96 \text{ кДж/моль} \quad (11)$ <p>Определите выход NO в результате реакции каталитического окисления аммиака и полную селективность процесса, если на окисление подается аммиачно-воздушная смесь, содержащая 398 м<sup>3</sup> NH<sub>3</sub>. Мольное отношение O<sub>2</sub>: NH<sub>3</sub> = 1,6:1. В реакционной смеси, выходящей из реактора содержится 378 м<sup>3</sup> NO и 5,8 м<sup>3</sup> N<sub>2</sub>.</p> <p><b>Решение</b></p> <p>Выход целевого продукта (<math>\eta_{\text{NO}}</math>) для реакций (10)-(11) выражается следующим образом:</p> $\eta_{\text{NO}} = \frac{n_{\text{NO}}}{n_{\text{NH}_3,0} \cdot \frac{V_{\text{NO}}}{V_{\text{NH}_3(\text{целев})}}},$ <p>где <math>n_{\text{NO}}</math> – количество вещества в реакционной смеси по окончании процесса, моль; <math>n_{\text{NH}_3,0}</math> – исходное количество аммиака в аммиачно-воздушной смеси, моль, <math>V_{\text{NO}}</math> и <math>V_{\text{NH}_3(\text{целев})}</math> – стехиометрические коэффициенты перед NH<sub>3</sub> и NO в целевой реакции (10).</p> <p>По уравнению (12), предполагая, что мы можем для газообразных веществ вести расчеты не через количество вещества, а через объем, найдем выход целевого продукта NO:</p> $\eta_{\text{NO}} = \frac{378}{398 \cdot \frac{4}{4}} = 0,95 \text{ или } 95 \%$

	<p>Из уравнения (11) видно, что для получения <math>5,8 \text{ м}^3 \text{N}_2</math> необходимо <math>11,6 \text{ м}^3 \text{NH}_3</math>, значит <math>\Delta V_{\text{NH}_3(\text{побочн})} = 11,6 \text{ м}^3</math>. Аналогично по уравнению. (10) найдем, что <math>\Delta n_{\text{NH}_3(\text{целев})} = 378 \text{ м}^3</math>. По формуле определим селективность:</p> $S = \frac{\Delta V_{\text{NH}_3(\text{целев})}}{\Delta V_{\text{NH}_3}} = \frac{\Delta V_{\text{NH}_3(\text{целев})}}{\Delta V_{\text{NH}_3(\text{целев})} + \Delta V_{\text{NH}_3(\text{побочн})}} = \frac{378}{378 + 11,6} = 0,97.$
157.	<p>При получении серной кислоты из колчедана на одной из стадий протекает обратимая реакция окисления оксида серы (IV) в оксид серы (VI). Определите объем воздуха (<math>0,209 \text{ об. O}_2</math> и <math>0,791 \text{ об. N}_2</math>), который необходимо добавить к печному газу, объемом <math>100 \text{ м}^3</math>, чтобы снизить в нем содержание <math>\text{SO}_2</math> до <math>7 \%</math>, а также состав реакционной смеси (в объемных долях) после процесса окисления <math>\text{SO}_2</math> в <math>\text{SO}_3</math>. Известно, что печной газ содержит <math>14 \%</math> об. <math>\text{SO}_2</math>, <math>3 \%</math> об. <math>\text{O}_2</math> и <math>83 \%</math> об. <math>\text{N}_2</math>. Степень превращения <math>\text{SO}_2</math> составляет <math>95 \%</math>.</p> <p><b>Решение</b> Можно определить объем каждого газа, входящего в состав печного газа до разбавления: <math>14 \text{ м}^3 \text{SO}_2</math>, <math>3 \text{ м}^3 \text{O}_2</math> и <math>83 \text{ м}^3 \text{N}_2</math>. Пусть добавили <math>x \text{ м}^3</math> воздуха, содержащего <math>0,209x \text{ м}^3 \text{O}_2</math> и <math>0,791x \text{ м}^3 \text{N}_2</math>. Тогда общий объем газа после разбавления воздухом составит <math>(100 + x) \text{ м}^3</math>, а объемная доля <math>\text{SO}_2</math> в газе после разбавления <math>\chi(\text{SO}_2)</math> будет задаваться следующим уравнением:</p> $\chi(\text{SO}_2) = \frac{V(\text{SO}_2)}{V(\text{газа})} = \frac{14}{100 + x} = 0,07.$ <p><math>x</math> – объем воздуха для разбавления печного газа, который равен <math>100 \text{ м}^3</math>. Объемы <math>\text{O}_2</math> и <math>\text{N}_2</math>, добавленные в составе <math>100 \text{ м}^3</math> воздуха составят <math>20,9 \text{ м}^3</math> и <math>79,1 \text{ м}^3</math> соответственно. Таким образом, на каталитическое окисление поступает газ, содержащий <math>14 \text{ м}^3 \text{SO}_2</math>, <math>23,9 \text{ м}^3 \text{O}_2</math> и <math>162,1 \text{ м}^3 \text{N}_2</math>. Всего <math>200 \text{ м}^3</math>. Это соответствует <math>7 \%</math> (об.) <math>\text{SO}_2</math>, <math>12 \%</math> (об.) <math>\text{O}_2</math> и <math>81 \%</math> (об.) <math>\text{N}_2</math>. Определим состав смеси после протекания реакции окисления:</p> $2\text{SO}_2 + \text{O}_2 \leftrightarrow 2\text{SO}_3, \quad (1)$ <p>Для полного превращения <math>14 \text{ м}^3 \text{SO}_2</math> необходимо <math>7 \text{ м}^3 \text{O}_2</math>. У нас в смеси <math>23,9 \text{ м}^3 \text{O}_2</math>, значит он в избытке, расчет будем вести по <math>\text{SO}_2</math>.</p> <p>Найдем объемы газов в системе по окончании процесса:</p> $V_{\text{SO}_2} = V_{\text{SO}_2,0} \cdot (1 - X_{\text{SO}_2}) = 14 \cdot (1 - 0,95) = 0,7 \text{ м}^3,$ $V_{\text{O}_2} = V_{\text{O}_2,0} - X_{\text{SO}_2} \cdot V_{\text{SO}_2,0} \cdot \frac{v_{\text{O}_2}}{v_{\text{SO}_2}} = 23,9 - 0,95 \cdot 14 \cdot \frac{1}{2} = 17,3 \text{ м}^3,$ $V_{\text{SO}_3} = V_{\text{SO}_3,0} + X_{\text{SO}_2} \cdot V_{\text{SO}_2,0} \cdot \frac{v_{\text{SO}_3}}{v_{\text{SO}_2}} = 0 + 0,95 \cdot 14 \cdot 1 = 13,3 \text{ м}^3.$ <p>Азот не принимал участие в реакции (1), поэтому его объем не изменился и в конечной смеси он также равен <math>162,1 \text{ м}^3</math>. Найдем общий объем газа после протекания реакции каталитического окисления: <math>0,7 + 17,3 + 13,3 + 162,1 = 193,4 \text{ м}^3</math>.</p> <p>Зная объем каждого газа в конечной смеси и общий объем этой смеси, мы можем определить объемные доли газов в смеси, выходящей из реактора каталитического окисления. Они составили <math>0,36 \%</math> об. <math>\text{SO}_2</math>, <math>8,92 \%</math> об. <math>\text{O}_2</math>, <math>6,88 \%</math> об. <math>\text{SO}_3</math>, <math>83,84 \%</math> об. <math>\text{N}_2</math>.</p>
158.	<p>Определите изменение температуры в результате экзотермической реакции <math>\text{SO}_2 + \frac{1}{2} \text{O}_2 \leftrightarrow \text{SO}_3</math>, <math>\Delta H = 94,4 \text{ кДж}</math>, если степень превращения <math>\text{SO}_2</math> в <math>\text{SO}_3</math> составляет <math>55 \%</math>. Среднюю теплоемкость газовой смеси, состоящей из <math>8 \%</math> об. <math>\text{SO}_2</math>, <math>11 \%</math> об. <math>\text{O}_2</math> и <math>81 \%</math> об. <math>\text{N}_2</math> примите неизменной и равной <math>1,382 \text{ кДж}/(\text{м}^3 \cdot \text{K})</math>. Изменением объема в результате реакции пренебечь.</p> <p><b>Решение.</b> Пусть в реакцию вступило <math>100 \text{ м}^3</math> газа. Тогда <math>V(\text{SO}_2) = 8 \text{ м}^3 = 8000 \text{ дм}^3</math>, <math>V(\text{O}_2) = 11 \text{ м}^3 = 11000 \text{ дм}^3</math>, <math>V(\text{N}_2) = 81 \text{ м}^3 = 81000 \text{ дм}^3</math>. Расчет будем вести по <math>\text{SO}_2</math>, т.к. <math>\text{O}_2</math> в избытке. Определим количество молей <math>\text{SO}_2</math>, вступивших в реакцию:</p>

$$n_{\text{SO}_2} = \frac{8000}{22,4} = 357,1 \text{ моль.}$$

Тепловой эффект реакции ( $Q$ , кДж/моль) с учетом степени превращения  $\text{SO}_2$  будет выражен следующим образом:

$$Q = n_{\text{SO}_2} \cdot X_{\text{SO}_2} \cdot Q_{\text{теор}},$$

где  $n_{\text{SO}_2}$  – количество вещества  $\text{SO}_2$ , моль;  $Q_{\text{теор}}$  – тепловой эффект реакции, кДж/моль.  
 $Q = 357,1 \cdot 0,55 \cdot 94,4 = 18540,6 \text{ кДж.}$

Изменение температуры реакционной смеси ( $\Delta T$ ) после реакции определяется следующей формулой:

$$Q = C \cdot V \cdot \Delta T,$$

где  $C$  – теплоемкость газовой смеси, кДж/(м<sup>3</sup>·К);  $V$  - объем газа, м<sup>3</sup>. Преобразовав уравнение найдем  $\Delta T$ :

$$\Delta T = \frac{Q}{C \cdot V} = \frac{18540,6}{1,382 \cdot 100} = 134,2 \text{ К.}$$

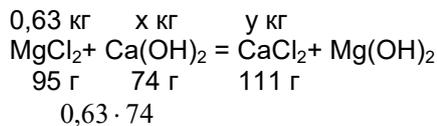
159. Определить расход соды (5% примесей) и гидроксида кальция для очистки 1 м<sup>3</sup> рассола, содержащего 6,71 кг  $\text{CaSO}_4$ , 0,63 кг  $\text{MgCl}_2$  и 0,33 кг  $\text{CaCl}_2$ . Избыток гидроксида кальция 10%.

### Решение

При известково-содовой очистке рассола протекают реакции



1. Расход  $\text{Ca(OH)}_2$ , необходимый для осаждения гидроксида магния (по реакции 1), составляет:



$$x = \frac{95}{74} = 0,49 \text{ (кг)}$$

При 10 %-м избытке расход  $\text{Ca(OH)}_2$  составит:

$$0,49 \cdot 1,1 = 0,539 \text{ кг.}$$

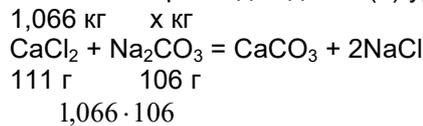
Массу образовавшегося хлорида кальция также определяем по уравнению (1):

$$y = \frac{0,63 \cdot 111}{95} = 0,736 \text{ (кг)}$$

2. Масса хлорида кальция в рассоле увеличилась на 0,736 кг. Учитывая исходное содержание и (1) уравнение:

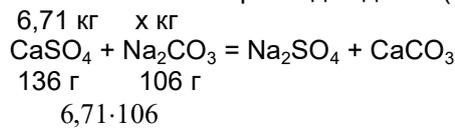
$$m = 0,33 + 0,736 = 1,066 \text{ (кг)}$$

Рассчитаем расход соды по (2) уравнению:



$$x = \frac{1,066 \cdot 106}{111} = 1,018 \text{ (кг)}$$

3. Рассчитаем расход соды по (3) реакции:



$$x = \frac{6,71 \cdot 106}{136} = 5,230 \text{ (кг)}$$

4. Для связывания избыточного  $\text{Ca(OH)}_2$ , введенного для осаждения гидроксида магния, служит сода (уравнение (4)).

$$\text{Масса избытка гидроксида кальция} = 0,539 - 0,49 = 0,049$$

	$0,049 \text{ кг} \quad x \text{ кг}$ $\text{Ca(OH)}_2 + \text{Na}_2\text{CO}_3 = \text{CaCO}_3 + 2\text{NaOH}$ $74 \text{ г} \quad 106 \text{ г}$ $\frac{0,049 \cdot 106}{74} = 0,070 \text{ (кг)}$ <p>5. Общий расход соды составит:  <math>1,018 + 5,230 + 0,070 = 6,318 \text{ кг}</math>.</p> <p>В пересчете на стандартную 95 %-ю соду ее расход для очистки <math>1 \text{ м}^3</math> рассола составит:  <math>\frac{6,318 \cdot 100}{95} = 6,651 \text{ (кг)}</math></p>
160.	<p>Вычислить теоретическое содержание <math>\text{CO}_2</math> в печном газе при расходе в качестве топлива 6,5 кг углерода на обжиг 100 кг <math>\text{CaCO}_3</math> и при использовании обогащенного кислородом воздуха, содержащего 28 об. % <math>\text{O}_2</math>.</p> <p><b>Решение</b></p> <p>1. При диссоциации 100 кг <math>\text{CaCO}_3</math> выделяется <math>22,4 \text{ м}^3 \text{ CO}_2</math>,</p> $\begin{array}{ccc} 100 \text{ кг} & & 22,4 \text{ м}^3 \\ \text{CaCO}_3 & \rightarrow & \text{CaO} + \text{CO}_2 \\ 100 & & 22,4 \end{array}$ <p>2. За счет горения углерода выделяется <math>\text{CO}_2</math>:</p> $\begin{array}{ccc} 6,5 \text{ кг} & & x \text{ м}^3 \\ \text{C} + \text{O}_2 & \rightarrow & \text{CO}_2 \\ 12 & & 22,4 \end{array}$ $x = \frac{6,5 \cdot 22,4}{12} = 12,133 \text{ м}^3$ <p>3. Такой же объем занимает израсходованный кислород. Поэтому объем обогащенного кислородом воздуха, составит:</p> $V_{\text{возд}} = \frac{12,133}{0,28} = 43,33 \text{ м}^3$ <p>4. Суммарный объем печного газа  <math>\Sigma V = 43,33 + 22,4 = 65,73 \text{ м}^3</math></p> <p>5. Содержание <math>\text{CO}_2</math> в печном газе  <math>v = \frac{22,4 + 12,133}{65,73} = \frac{34,533}{65,73} = 0,525 \text{ (52,5\%)}</math></p>

### 3.5 Кейс-задачи (задания)

#### 3.5.1 УК-1 Способен осуществлять поиск, критический анализ и синтез информации, применять системный подход для решения поставленных задач

№ задания	Условие задачи
161.	<p><b>Ситуация.</b> Вы работаете технологом на химическом предприятии. Вам поставлена задача контроля основных параметров крекинга природного газа.</p> <p><b>Задание:</b> При электрокрекинге природного газа, содержащего 98% (об) <math>\text{CH}_4</math> и 2% (об) <math>\text{N}_2</math>, в газе, выходящем из аппарата содержится 15% ацетилена. Рассчитать материальный баланс процесса на <math>1000 \text{ м}^3</math> исходного природного газа без учета побочных реакций.</p> <p><b>Решение.</b>  Получение ацетилена из газообразных углеводородов осуществляется при <math>1200\text{-}1600^\circ\text{C}</math>:  <math>2\text{CH}_4 \leftrightarrow \text{C}_2\text{H}_2 + 3\text{H}_2 - 380 \text{ Кдж}</math></p>

В 1000 м<sup>3</sup> природного газа содержится: CH<sub>4</sub> – 980 м<sup>3</sup>, N<sub>2</sub> – 20 м<sup>3</sup>. Процесс идет с изменением объема; при полном превращении метана в ацетилен и в продукционной смеси должно содержаться 25% ацетилена. Так как по условию в продуктах реакции содержится 15% ацетилена, значит имеет место неполное разложение метана.

Обозначим количество превращенного метана (м<sup>3</sup>) через x. Тогда состав смеси, выходящей из печи, можно представить следующим образом:

CH<sub>4</sub>.....980 – x

C<sub>2</sub>H<sub>2</sub>.....x/2

H<sub>2</sub>.....3/2x

N<sub>2</sub>.....20

Итого: .....(1000 + x) м<sup>3</sup>

По условию количество ацетилена в газе, выходящем из печи, составляет 15%, т. е.

x/2.....15%

(1000 + x).....100%

Решая уравнение, получим

(x/2) \* 100/(1000 + x) = 15, т.е. x = 450 м<sup>3</sup> и состав газа после крекинга будет следующим:

C<sub>2</sub>H<sub>2</sub>.....x/2 = 215 м<sup>3</sup>; CH<sub>4</sub>.....980 – x 550 м<sup>3</sup>;

H<sub>2</sub> .....3/2x = 645 м<sup>3</sup>; N<sub>2</sub>.....20 м<sup>3</sup>

Результаты расчетов сведены в таблицу

Материальный баланс печи крекинга (на 1000 м<sup>3</sup> природного газа)

Исходное вещество	Приход			Расход			
	м <sup>3</sup>	кг	% (об)	Продукт	м <sup>3</sup>	кг	% (об)
CH <sub>4</sub>	980	695	98	C <sub>2</sub> H <sub>2</sub>	215	248	15,0
N <sub>2</sub>	20	25	2	CH <sub>4</sub>	550	338	38,5
				H <sub>2</sub>	645	58	45
				N <sub>2</sub>	20	25	1,5
Итого:	1000	720	100	Итого:	1430	719	100

**Ситуация.** Вы работаете технологом на предприятии по получению азотной кислоты. Вам поставлена задача контроля основных параметров окисления аммиака.

**Задание:** Составить материальный баланс процесса окисления аммиака кислородом воздуха.

Исходные данные:

Производительность агрегата – 130 тыс. т моногидрата в год;

Расчетный режим времени работы агрегата – 330 рабочих дней в году, 24 часа в сутки;

Содержание аммиака в ABC – 10,5 об. %;

Степень превращения аммиака в NO – 93%;

Степень абсорбции оксидов азота – 98,5%;

**Решение**

162. Суммарная реакция получения азотной кислоты из аммиака и кислорода воздуха (без учета побочных реакций) выражается уравнением:

$\text{NH}_3 + 2\text{O}_2 \rightarrow \text{HNO}_3 + \text{H}_2\text{O} - 412,98 \text{ кДж/моль (1)}$

Проектная производительность составляет 130 000 т в год (в перерасчете на моногидрат HNO<sub>3</sub>) или

$130\,000 / 330 / 24 \cdot 1000 = 16\,414,14 \text{ кг/ч } 100\% \text{ HNO}_3,$

Где 330 – количество рабочих дней в году.

Массовый расход аммиака, теоретически необходимого для получения 16 414,14 кг/ч 100% HNO<sub>3</sub>, согласно суммарному уравнению реакции (1): равен 4429,21 кг/ч,

Практический массовый расход аммиака, подаваемого на стадию окисления аммиака кислородом воздуха, согласно суммарному уравнению реакции (1) равен 4835,12 кг/ч

Практический объемный расход аммиака согласно суммарному уравнению реакции (1) составляет 6370,98 м<sup>3</sup>/ч

Массовый расход кислорода, необходимого для окисления 4835,12 кг/ч аммиака, согласно

суммарному уравнению реакции (1) 18202,8 кг/ч

Объемный расход кислорода согласно уравнению реакции (1): 12741,96 нм<sup>3</sup>/ч

В технических расчетах принято, что сухой воздух содержит 79,00 об.% азота и 21,00 об. % кислорода, часто учитывается также содержание влаги. С сухим воздухом на стадию окисления аммиака согласно суммарному уравнению реакции (1) должно подаваться азота:

$$V_{N_2}^{\Sigma} = \frac{V_{O_2}^{\Sigma} \cdot 79,00}{21,00} = \frac{12741,96 \cdot 79,00}{21,00} = 47\,934,04 \text{ нм}^3/\text{ч}$$

Массовый расход азота согласно суммарному уравнению реакции (1):

$$m_{N_2}^{\Sigma} = \frac{47\,934,04 \cdot 28}{22,4} = 59\,917,55 \text{ кг/ч}$$

На стадию окисления аммиака согласно суммарному уравнению реакции (1) должно подаваться сухого воздуха: 0 076 нм<sup>3</sup>/ч

$$m_{\text{воздуха}}^{\Sigma} = 18\,202,8 + 59\,917,55 = 78\,120,35 \text{ кг/ч}$$

Содержание водяных паров в воздухе при 20 °С составляет 14,70 г/кг сухого воздуха. Тогда с сухим воздухом вводится водяных паров:

$$m_{H_2O}^{\Sigma} = \frac{78\,120,35 \cdot 14,70}{1000} = 1148,37 \text{ кг/ч}$$

$$V_{H_2O}^{\Sigma} = \frac{1148,37 \cdot 22,4}{18} = 1429,08 \text{ нм}^3/\text{ч}$$

Таким образом, на стадию окисления аммиака согласно суммарному уравнению реакции (1) для получения 16 414,14 кг/ч 100% HNO<sub>3</sub> должно подаваться:

Влажного воздуха:

$$V_{\text{влажного воздуха}}^{\Sigma} = 12\,741,96 + 47\,934,04 + 1429,08 = 62\,105,08 \text{ нм}^3/\text{ч}$$

$$m_{\text{влажного воздуха}}^{\Sigma} = 18\,202,8 + 59\,917,55 + 1148,37 = 79\,268,72 \text{ кг/ч}$$

Аммиачно-воздушной смеси: 8 474,06 нм<sup>3</sup>/ч

$$m_{\text{ABC}}^{\Sigma} = 79\,268,72 + 4835,12 = 84\,103,84 \text{ кг/ч}$$

Состав влажного воздуха, об. %:

O<sub>2</sub>: 12 741,96/62105,08·100=20,52;

N<sub>2</sub>: 47934,04/62 105,08·100=77,18;

H<sub>2</sub>O: 1429,08/62 105,08·100=2,30;

Состав аммиачно-воздушной смеси, об. %:

NH<sub>3</sub>: 6370,98/68 474,06·100=9,30

O<sub>2</sub>: 12 741,96/68 474,06·100=18,61

N<sub>2</sub>: 47934,04//68 474,06·100=70,00

H<sub>2</sub>O: 1429,08/68 474,06·100=2,09

Определение концентрации аммиака в аммиачно-воздушной смеси согласно уравнениям реакции:

4NH<sub>3</sub> + 5O<sub>2</sub> → 4NO + 6H<sub>2</sub>O – 902,06 кДж/моль (2)

4NH<sub>3</sub> + 3O<sub>2</sub> → 2NO<sub>2</sub> + 6H<sub>2</sub>O - 1267,10 кДж/моль (3)

Объемный расход кислорода, необходимого для окисления 6370,98 нм<sup>3</sup> аммиака, согласно уравнениям реакций:

$$V_{O_2} = \frac{5}{4} \cdot V_{NH_3}^{\Sigma} \cdot \eta_{\text{к}} + \frac{3}{4} \cdot V_{NH_3}^{\Sigma} \cdot (1 - \eta_{\text{к}}),$$

Где  $V_{NH_3}$  - объемный расход аммиака, нм<sup>3</sup>/ч;  $\eta_{\text{к}}$  - степень превращения аммиака в NO, д.е.

$$V_{O_2} = \frac{5}{4} \cdot 6370,98 \cdot 0,93 + \frac{3}{4} \cdot 6370,98 \cdot (1 - 0,93) = 7740,74 \text{ нм}^3/\text{ч}$$

С кислородом воздуха в контактный аппарат должно подаваться

Азота –

$$V_{N_2} = \frac{V_{O_2} \cdot \alpha_{N_2}}{\alpha_{O_2}} = \frac{7740,74 \cdot 77,18}{20,52} = 29111,98 \text{ нм}^3/\text{ч}$$

Воздушных паров –

$$V_{H_2O} = \frac{V_{O_2} \cdot \alpha_{H_2O}}{\alpha_{O_2}} = \frac{7740,74 \cdot 2,30}{20,52} = 867,63 \text{ нм}^3/\text{ч}$$

Где  $\alpha_{O_2}, \alpha_{N_2}, \alpha_{H_2O}$  (20,52;77,18;2,30) – содержание кислорода, азота и водяных паров во влажном воздухе соответственно, об %.  
 Объемный расход воздуха, необходимого для окисления 6370,98 м<sup>3</sup>/ч аммиака, согласно уравнениям (2) и (3):

$$V_{\text{возд}} = V_{O_2} + V_{N_2} + V_{H_2O} = 7740,74 + 29111,98 + 867,63 = 37\,720,35 \text{ м}^3/\text{ч}$$

Результаты расчета материального баланса занесены в таблицу.

Таблица– Материальный баланс окисления аммиака кислородом воздуха

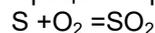
Компонент	Приход (до окисления)			Расход (после окисления)			
	м <sup>3</sup> /ч	об. %	кг/ч	Компонент	м <sup>3</sup> /ч	об. %	кг/ч
NH <sub>3</sub>	6370,98	10,50	4835,12	Нитрозный газ, в т.ч.:			
Воздух в т.ч.:	54305,02	89,50	69285,62	NO	5925,02	9,51	7935,29
O <sub>2</sub>	11143,39	18,37	15919,13	O <sub>2</sub>	3402,56	5,47	4860,93
N <sub>2</sub>	41912,61	69,08	52362,8	N <sub>2</sub>	42113,12	67,66	52641,52
H <sub>2</sub> O	1249,04	2,05	1003,69	H <sub>2</sub> O	10805,54	17,36	8683
Всего:	60676,00	100,00	74120,74	Всего:	62246,24	100,00	74 120,74

**Ситуация.** Вы работаете технологом на предприятии по получению серной кислоты. Вам поставлена задача контроля основных параметров одной из стадии производства.

**Задание:** Составить материальный баланс печи для сжигания серы производительностью 60 т/сутки. Степень окисления серы 0.95 (остальная сера возгоняется и сгорает вне печи). Коэффициент избытка воздуха  $\alpha = 1.5$ . Расчет следует вести на производительность печи по сжигаемой сере в кг/ч.

**Решение.**

Процесс горения серы описывается уравнением реакции



Производительность печи

$$60/24 = 2.5 \text{ т/ч} = 2500 \text{ кг/ч серы}$$

Количество окисленной до SO<sub>2</sub> серы

$$2500 * 0.95 = 2375 \text{ кг}$$

Осталось в виде паров неокисленной серы

$$2500 - 2375 = 125 \text{ кг}$$

Израсходовано кислорода на окисление

$$VO_2 = 2375 * 22.4/32 = 1670 \text{ м}^3$$

163.

С учетом коэффициента избытка  $\alpha$

$$1670 * 1.5 = 2500 \text{ м}^3 \text{ или } 2500 * 32/22.4 = 3560 \text{ кг } O_2$$

С кислородом поступает азота

$$VN_2 = 2500 * 79/21 = 9450 \text{ м}^3 \text{ или } 9450 * 28/22.4 = 11800 \text{ кг}$$

Образовалось в результате реакции диоксида серы

$$2375 * 64/32 = 475 \text{ кг}$$

$$\text{или } VSO_2 = (4750/64) * 22.4 = 1675 \text{ кг}$$

Осталось неизрасходованного кислорода

$$1670 * 0.5 = 835 \text{ м}^3 \text{ или } (835/22.4) * 32 = 1185 \text{ кг}$$

Полученные данные сводим в таблицу.

Материальный баланс печи для сжигания серы

Исходное вещество	Приход		Расход		
	кг	м <sup>3</sup>	Продукт	кг	м <sup>3</sup>
S	2500		S	125	
O <sub>2</sub>	3560	2500	SO <sub>2</sub>	4750	1670
N <sub>2</sub>	11800	9450	O <sub>2</sub>	1185	835

			N <sub>2</sub>	11800	9450
Итого:	17860	11950	Итого:	17860	11955

**Ситуация.** Вы работаете технологом на предприятии по получению каустической соды. Вам поставлена задача контроля основных параметров процесса кустификации.

**Задание:** Составить материальный баланс гашения извести.

*Исходные данные*

В гаситель-каустификатор подается содовый раствор, содержащий, н. д.: Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> – 60; NaOH – 20, и известь, в состав 1000 кг извести входит 850 кг CaO и 150 кг CaCO<sub>3</sub>.

На 1000 кг 92%-й каустической соды расходуется 1000 кг извести. Избыток против теоретического количества – 5%.

Плотность содового раствора – 1150 кг/м<sup>3</sup>.

Степень кустификации раствора в гасителе-каустификаторе – 75%.

**Решение**

1. Будем вести расчет на 1 м<sup>3</sup> содового раствора.

$$V = 1 \text{ м}^3$$

$$C_N(\text{Na}_2\text{CO}_3) = 60/20 = 3 \text{ моль/л}$$

$$v_3(\text{Na}_2\text{CO}_3) = C_N \cdot V = 3 \text{ моль/л} \cdot 10^3 \text{ л} = 3 \cdot 10^3 \text{ моль}$$

$$m(\text{Na}_2\text{CO}_3) = v_3 \cdot M_3 = 3 \cdot 10^3 \text{ моль} \cdot 53 \text{ г/моль} = 159 \cdot 10^3 \text{ г} = 159 \text{ кг}$$

$$C_N(\text{NaOH}) = x/20 = 1 \text{ моль/л}$$

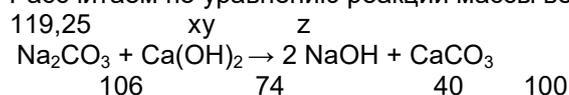
$$v_3(\text{NaOH}) = C_N \cdot V = 1 \cdot 10^3 \text{ моль}$$

$$m(\text{NaOH}) = v_3 \cdot M_3 = 1 \cdot 10^3 \cdot 40 = 40 \text{ (кг)}$$

2. С учетом степени кустификации в реакцию вступило:

$$159 \text{ кг} \cdot 0,75 = 119,25 \text{ кг}$$

Рассчитаем по уравнению реакции массы веществ:



164.

$$\frac{119,25 \cdot 74}{106}$$

$$x = \frac{119,25 \cdot 74}{106} = 83,25 \text{ кг } (\text{Ca}(\text{OH})_2)$$

$$\frac{119,25 \cdot 40}{106}$$

$$y = \frac{119,25 \cdot 40}{106} = 90 \text{ кг } (\text{NaOH})$$

$$\frac{119,25 \cdot 100}{106}$$

$$z = \frac{119,25 \cdot 100}{106} = 112,5 \text{ кг } (\text{CaCO}_3)$$

3. Масса 1 м<sup>3</sup> содового раствора

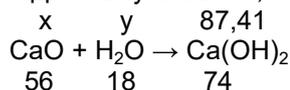
$$m = V \cdot \rho = 1 \text{ м}^3 \cdot 1150 \text{ кг/м}^3 = 1150 \text{ кг}$$

$$m(\text{H}_2\text{O}) = 1150 - 159 - 40 = 951$$

4. С учетом избытка извести  $m(\text{Ca}(\text{OH})_2)$

$$m(\text{Ca}(\text{OH})_2) = 83,25 \cdot 1,05 = 87,41$$

5. Для получения 87,4125 кг Ca(OH)<sub>2</sub> необходимо:



$$x - 87,41$$

$$56 - 74 \quad x = 66,15(\text{кг})\text{CaO}$$

$$y - 87,41$$

$$18 - 74 \quad y = 21,26 \text{ (кг)}\text{H}_2\text{O}$$

6. На 85 кг CaO приходится 15 кг CaCO<sub>3</sub>

На 66,15 кг CaO – x кг CaCO<sub>3</sub>

$$x = 11,67 \text{ (кг)} - \text{недопал CaCO}_3 \text{ из извести}$$

Содержание CaCO<sub>3</sub> на выходе:

$$11,67 \text{ кг} + 112,5 \text{ кг} = 124,17 \text{ кг}$$

7. Расход:  
 $m(\text{Na}_2\text{CO}_3) = 119,25$   
 Осталось  $\text{Na}_2\text{CO}_3$   
 $m = 159 - 119,25 = 39,75$  кг  
 Осталось  $\text{Ca}(\text{OH})_2$   
 $m = 87,41 - 83,25 = 4,16$  кг  
 $m(\text{NaOH}) = 90 + 40 = 130$  кг

8. Масса воды с учетом расхода на реакции:  
 $m = 951 - 21,26 = 929,74$  кг

9. Составим материальный баланс гасителя-каустификатора

Приход	Масса, кг	Расход	Масса, кг
С содовым раствором		С суспензией в 1-й каустификатор:	
$\text{Na}_2\text{CO}_3$	159	$\text{Na}_2\text{CO}_3$	39,75
$\text{NaOH}$	40	$\text{NaOH}$	130
$\text{H}_2\text{O}$	951	$\text{Ca}(\text{OH})_2$	4,16
Итого	1150	$\text{CaCO}_3$	124,17
С известью:		$\text{H}_2\text{O}$	929,74
$\text{CaO}$	66,15		
$\text{CaCO}_3$	11,67		
Итого	1227,82	Итого	1227,82

Какое количество натриевой селитры, двойного суперфосфата (считая его чистым дигидроортофосфатом кальция) и хлорида калия необходимо внести для увеличения урожайности картофеля, если в почву надо добавить 60 кг N, 70 кг  $\text{P}_2\text{O}_5$  и 80 кг  $\text{K}_2\text{O}$ ? Предложите также вариант подкормки картофеля, предполагающий применение одного сложного удобрения (нитрата калия) и двух простых (аммиачная селитра, двойной суперфосфат). Все применяемые удобрения считать химически чистыми веществами.  
*Решение.*

Найдем питательную ценность минеральных удобрений

$$\omega_{\text{N}}^{\text{NaNO}_3} = \frac{14}{85} \cdot 100 = 16,5 \%$$

$$\omega_{\text{P}_2\text{O}_5}^{\text{Ca}(\text{H}_2\text{PO}_4)_2} = \frac{\text{Mr}(\text{P}_2\text{O}_5)}{\text{Mr}(\text{Ca}(\text{H}_2\text{PO}_4)_2)} = \frac{142}{234} = 0,61 \text{ или } 61 \%$$

$$\omega_{\text{K}_2\text{O}}^{\text{KCl}} = \frac{\text{Mr}(\text{K}_2\text{O})}{2 \cdot \text{Mr}(\text{KCl})} = \frac{94}{2 \cdot 74,5} = 0,63 \text{ или } 63 \%$$

165. Мы знаем питательную ценность по азоту для натриевой селитры (см. расчет выше), она составляет 16,5 %. Это значит, что 100 кг натриевой селитры содержат 16,5 кг азота. Составим пропорцию:

$$\begin{array}{l} 100 \text{ кг NaNO}_3 - 16,5 \text{ кг N} \\ X \text{ кг NaNO}_3 - 60 \text{ кг N} \end{array} \quad X = 363,6.$$

Аналогично поступаем с двойным суперфосфатом и хлоридом калия:

$$\begin{array}{l} 100 \text{ кг Ca}(\text{H}_2\text{PO}_4)_2 - 61 \text{ кг P}_2\text{O}_5 \\ Y \text{ кг Ca}(\text{H}_2\text{PO}_4)_2 - 70 \text{ кг P}_2\text{O}_5 \end{array} \quad Y = 114,8.$$

$$\begin{array}{l} 100 \text{ кг KCl} - 63 \text{ кг K}_2\text{O} \\ Z \text{ кг KCl} - 80 \text{ кг K}_2\text{O} \end{array} \quad Z = 127,0.$$

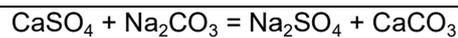
Т.о. первый вариант подкормки картофеля, предполагающий применение простых удобрений выглядит так: 363,6 кг натриевой селитры; 114,8 кг двойного суперфосфата; 127 кг хлорида калия.



Масса примесей $849,42 - 823,94 = 25,48$ (кг)			
3. Составим таблицу материального баланса			
Вещество	Приход, кг	Вещество	Расход, кг
NaCl	895,59	NaCl	71,65
H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	750,15	H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	60,01
H <sub>2</sub> O	31,26	H <sub>2</sub> O	31,26
		Na <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	1000,00
		HCl	514,08
ВСЕГО	1677,00	ВСЕГО	1677,00

**3.5.2. ПКв-2Способен организовывать процесс производства выпускаемой продукции, выбирать и применять соответствующие методики анализа для обеспечения контроля качества сырья, вспомогательных материалов и готовых изделий с учетом требований нормативно-технической документации**

№ задания	Условие задачи
167.	<p><b>Ситуация.</b> Природные воды содержат различное количество ионов кальция и магния. Суммарное содержание ионов Ca<sup>2+</sup> и Mg<sup>2+</sup> в воде характеризует ее жесткость. Жесткая вода образует накипь на нагревательных элементах, уменьшает их теплоотдачу. В промышленности и быту применяют различные способы умягчения воды.</p> <p><b>Задание:</b> Определить расход соды (5% примесей) и гидроксида кальция для очистки 1 м<sup>3</sup> природной воды, содержащего 6,71 кгCaSO<sub>4</sub>, 0,63 кгMgCl<sub>2</sub> и 0,33 кг CaCl<sub>2</sub>. Избыток гидроксида кальция 10%.</p> <p><b>Решение</b>  При известково-содовой очистке протекают реакции:  <math>MgCl_2 + Ca(OH)_2 = CaCl_2 + Mg(OH)_2</math> (1)  <math>CaCl_2 + Na_2CO_3 = CaCO_3 + 2NaCl</math> (2)  <math>CaSO_4 + Na_2CO_3 = Na_2SO_4 + CaCO_3</math> (3)  <math>Ca(OH)_2 + Na_2CO_3 = CaCO_3 + 2NaOH</math> (4)</p> <p>1. Расход Ca(OH)<sub>2</sub>, необходимый для осаждения гидроксида магния (по реакции 1), составляет:  <math display="block">\begin{array}{r} 0,63 \text{ кг} \quad x \text{ кг} \quad y \text{ кг} \\ MgCl_2 + Ca(OH)_2 = CaCl_2 + Mg(OH)_2 \\ 95 \text{ г} \quad 74 \text{ г} \quad 111 \text{ г} \\ \hline 0,63 \cdot 74 \\ x = \frac{95}{74} = 0,49 \text{ (кг)} \end{array}</math></p> <p>При 10 %-м избытке расход Ca(OH)<sub>2</sub> составит:  <math>0,49 \cdot 1,1 = 0,539 \text{ кг}</math>.</p> <p>Массу образовавшегося хлорида кальция также определяем по уравнению (1):  <math display="block">\begin{array}{r} 0,63 \cdot 111 \\ y = \frac{95}{111} = 0,736 \text{ (кг)} \end{array}</math></p> <p>2. Масса хлорида кальция в рассоле увеличилась на 0,736 кг. Учитывая исходное содержание и (1) уравнение:  <math>m = 0,33 + 0,736 = 1,066 \text{ (кг)}</math>  Рассчитаем расход соды по (2) уравнению:  <math display="block">\begin{array}{r} 1,066 \text{ кг} \quad x \text{ кг} \\ CaCl_2 + Na_2CO_3 = CaCO_3 + 2NaCl \\ 111 \text{ г} \quad 106 \text{ г} \\ \hline 1,066 \cdot 106 \\ x = \frac{111}{106} = 1,018 \text{ (кг)} \end{array}</math></p> <p>4. Рассчитаем расход соды по (3) реакции:  <math>6,71 \text{ кг} \quad x \text{ кг}</math></p>



136 г      106 г

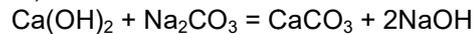
$$\frac{6,71 \cdot 106}{136}$$

$$x = \frac{6,71 \cdot 106}{136} = 5,230 \text{ (кг)}$$

4. Для связывания избыточного  $\text{Ca}(\text{OH})_2$ , введенного для осаждения гидроксида магния, служит сода (уравнение (4)).

Масса избытка гидроксида кальция =  $0,539 - 0,49 = 0,049$

0,049 кг      x кг



74 г      106 г

$$\frac{0,049 \cdot 106}{74}$$

$$x = \frac{0,049 \cdot 106}{74} = 0,070 \text{ (кг)}$$

5. Общий расход соды составит:

$$1,018 + 5,230 + 0,070 = 6,318 \text{ кг}$$

В пересчете на стандартную 95 %—ю соду ее расход для очистки  $1 \text{ м}^3$  рассола составит:

$$\frac{6,318 \cdot 100}{95}$$

$$= 6,651 \text{ (кг)}$$

Вы работаете технологом на предприятии по производству хлорида калия. Раствор, содержащий 5 % мас. NaCl, 20 % мас. KCl и 75 % мас. воды, упаривается при  $100^\circ\text{C}$ . Определить максимальное количество KCl, которое можно получить при этом, и найти массу воды, которую необходимо выпарить. Составить материальный баланс процесса. Состав раствора в эвтектической точке (E) принять следующим: 16,85 % мас. NaCl, 21,75 % мас. KCl и 61,4 % мас.  $\text{H}_2\text{O}$ .

**Решение.** Рассмотрим раствор массой 100 кг. В нем содержится 5 кг NaCl, 20 кг KCl и 75 кг  $\text{H}_2\text{O}$ . В процессе испарения воды в твердую фазу выделяется только KCl, а количество NaCl в растворе остается неизменным (5 кг). Исходя из этого мы можем найти абсолютное количество KCl и  $\text{H}_2\text{O}$  в конечном растворе E.

В 100 кг раствора E содержится:  
16,85 кг NaCl + 21,75 кг KCl + 61,4 кг  $\text{H}_2\text{O}$ .

В упаренном растворе: 5 кг NaCl + X кг KCl + Y кг  $\text{H}_2\text{O}$ .

$$X = \frac{21,75}{16,85} \cdot 5 = 6,45 \text{ кг KCl};$$

$$Y = \frac{61,4}{16,85} \cdot 5 = 18,2 \text{ кг } \text{H}_2\text{O}.$$

168.

Испаряется воды:

$$75 - 18,2 = 56,8 \text{ кг}.$$

Выделяется в твердую фазу KCl:

$$20 - 6,45 = 13,55 \text{ кг}.$$

Масса оставшегося раствора:

$$5 \text{ кг NaCl} + 6,45 \text{ кг KCl} + 18,2 \text{ кг } \text{H}_2\text{O} = 29,65 \text{ кг}.$$

Материальный баланс процесса упарки  
трехкомпонентного раствора NaCl – KCl –  $\text{H}_2\text{O}$

Компонент	Приход		Расход		
	кг	% мас.	кг	% мас. в р-ре	% мас.
NaCl <sub>р-р</sub>	5,00	5,00	5,00	16,85	5,00
KCl <sub>р-р</sub>	20,00	20,00	6,45	21,75	6,45
H <sub>2</sub> O <sub>р-р</sub>	75,00	75,00	18,20	61,4	18,20
<b>Итого в р-ре</b>	<b>100,00</b>	<b>100,00</b>	<b>29,65</b>	<b>100,0</b>	<b>29,65</b>
KCl <sub>крист</sub>	-	-	13,55	-	13,55
H <sub>2</sub> O <sub>испар</sub>	-	-	56,80	-	56,80
<b>Всего в системе</b>	<b>100,00</b>	<b>100,00</b>	<b>100,00</b>	<b>-</b>	<b>100,00</b>

169.

Вы работаете технологом на предприятии по производству аммиачной селитры. На производство 1 т аммиачной селитры (100 % мас.  $\text{NH}_4\text{NO}_3$ ) израсходовано 220 кг  $\text{NH}_3$  и 786 кг  $\text{HNO}_3$  (100 % масс.). Рассчитайте: теоретический и практический расходные коэффициенты по аммиаку и азотной кислоте, а также выход аммиачной селитры на аммиак.

**Решение.** Процесс получения аммиачной селитры выражается следующей реакцией:



Теоретические расходные коэффициенты будут равны:

- по аммиаку:  $F_p^{\text{теор}}(\text{NH}_3) = \frac{17}{80} = 0,213 \text{ кг/кг},$

- по кислоте:  $F_p^{\text{теор}}(\text{HNO}_3) = \frac{63}{80} = 0,788 \text{ кг/кг}.$

Найдем практические расходные коэффициенты. Для этого нам необходимо найти массу аммиачной селитры, которая образуется при взаимодействии исходных веществ заданной массы. 220 кг аммиака соответствуют 12,94 кмоль аммиака; 786 кг азотной кислоты 12,48 кмоль кислоты. По реакции аммиак и кислота реагируют 1:1, значит, аммиак в избытке.

Расчет массы аммиачной селитры ведем по азотной кислоте. Селитры образуется также 12,48 кмоль, что соответствует 998 кг.

Практические расходные коэффициенты будут равны:

- по аммиаку:  $F_p^{\text{практ}}(\text{NH}_3) = \frac{220}{998} = 0,220 \text{ кг/кг},$

- по кислоте:  $F_p^{\text{практ}}(\text{HNO}_3) = \frac{786}{998} = 0,788 \text{ кг/кг}.$

Для вычисления выхода аммиачной селитры по аммиаку

рассчитаем, сколько селитры теоретически должно получиться из 220 кг аммиака:

17 кг аммиака  $\text{NH}_3$  дают 80 кг селитры  $\text{NH}_4\text{NO}_3,$

220 кг аммиака  $\text{NH}_3$  дают  $x$  кг селитры  $\text{NH}_4\text{NO}_3.$

$$x = \frac{220 \cdot 80}{17} = 1035.$$

Это  $G_{\text{теор}}: \eta = \frac{G_{\text{пр}}}{G_{\text{теор}}} = \frac{1000}{1035} = 0,966$  или 96,6 %.

**Ответ.** теоретический расходный коэффициент по аммиаку 0,213 кг/кг; практический расходный коэффициент по аммиаку 0,220 кг/кг; выход аммиачной селитры по аммиаку 96,6 %; теоретический и практический расходные коэффициенты по кислоте 0,788 кг/кг.

Из предложенных основных аппаратов (рис.) составьте блок-схему получения простого суперфосфата камерным способом. Назовите аппараты.

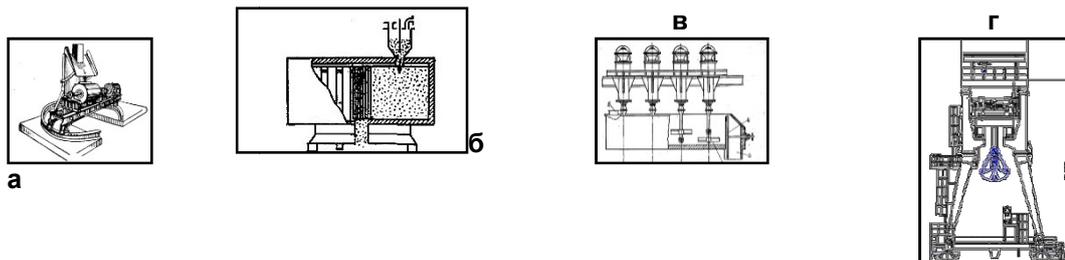
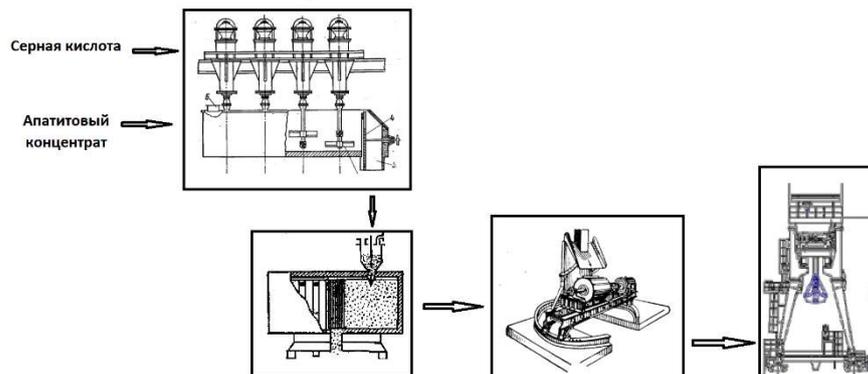


Рис. Аппараты технологической схемы производства простого суперфосфата

170. Решение. а- разбрасыватель камерного суперфосфата; б – суперфосфатная камера; в - смеситель; г - грейферный кран.



### 3.5.3 ПКв-4

Способность обеспечивать эффективное, экологически и технически безопасное производство основ выбора и эксплуатации оборудования, оснастки, методов и приемов организации труда

№ задания	Условие задачи
171.	<p><b>Ситуация.</b> Вы работаете технологом на предприятии по получению кальцинированной соды. Вам поставлена задача контроля основных параметров стадии аммонизации.</p> <p><b>Задание:</b> Приведите материальный баланс стадии аммонизации в абсорбере 1 на 1000 кг соды.</p> <p><i>Исходные данные</i></p> <p>Состав поступающей жидкости, н. д.: <math>\text{Cl}^-</math> – 102,5; <math>\text{NH}_3</math> – 19,2; <math>\text{CO}_2</math> – 7,9; плотность рассола – 1197 кг/м<sup>3</sup>.</p> <p>Количество жидкости, орошающей АБ–1, составляет 5,19 м<sup>3</sup> на 1000 кг соды. В этом количестве жидкости содержится, кг: <math>\text{Na}_2\text{SO}_4</math> – 36,2; др. примеси – 4,7.</p> <p>Состав выходящей жидкости, н. д.: <math>\text{Cl}^-</math> – 95,4; <math>\text{NH}_3</math> – 61,2; <math>\text{CO}_2</math> – 27,1; плотность рассола – 1179 кг/м<sup>3</sup>.</p> <p>Количество и состав газовой смеси, поступающей из АБ–2 в АБ–1, кг на 1000 кг соды: <math>\text{NH}_3</math> – 206,9; <math>\text{CO}_2</math> – 122,2; <math>\text{H}_2\text{O}</math> – 42,2; воздух – 10.</p> <p>Расчет ведем на 1000 кг соды.</p> <p><b>Решение</b></p> <p>I. Рассчитаем солевой состав жидкости, входящей в АБ-1:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>Содержание <math>\text{NaCl}</math> определяется содержанием ионов хлора:  <math>C_N = 102,5/20 = 5,125</math> (моль/дм<sup>3</sup>)  <math>n_0 = C_N \cdot V = 5,125 \text{ моль/дм}^3 \cdot 5,19 \cdot 1000 \text{ дм}^3 = 26,60 \cdot 10^3</math> моль  <math>m = n_0 \cdot M_0 = 26,60 \cdot 10^3 \text{ моль} \cdot 58,5 \text{ г/моль} = 1556,03 \cdot 10^3 \text{ г} = 1556,03 \text{ кг}</math> </li> <li>Углекислый газ и аммиак находятся в рассоле в виде карбоната аммония:  7,9 н.д. 7,9 н.д. 7,9 н.д.  <math>2\text{NH}_3 + \text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O} = (\text{NH}_4)_2\text{CO}_3</math>  <math>(\text{NH}_4)_2\text{CO}_3</math>:  <math>C_N = 7,9/20 = 0,395</math> (моль/дм<sup>3</sup>)  <math>n_0 = C_N \cdot V = 0,395 \text{ моль/дм}^3 \cdot 5,19 \cdot 1000 \text{ дм}^3 = 2,05 \cdot 10^3</math> моль  <math>m = n_0 \cdot M_0 = 2,05 \cdot 10^3 \text{ моль} \cdot 98 \text{ г/моль} = 98,4 \cdot 10^3 \text{ г} = 98,4 \text{ кг}</math> </li> <li>Аммиак расходуется на взаимодействие с <math>\text{CO}_2</math> (7,9 н.д) и на реакцию с водой <math>19,2 - 7,9 = 11,3</math> н.д. Образуется гидроксид аммония.  <math>\text{NH}_4\text{OH}</math>:  <math>C_N = 11,3/20 = 0,565</math> (моль/дм<sup>3</sup>)  <math>n_0 = C_N \cdot V = 0,565 \text{ моль/дм}^3 \cdot 5,19 \cdot 1000 \text{ дм}^3 = 2,93 \cdot 10^3</math> моль  <math>m = n_0 \cdot M_0 = 2,93 \cdot 10^3 \text{ моль} \cdot 35 \text{ г/моль} = 102,63 \cdot 10^3 \text{ г} = 102,63 \text{ кг}</math> </li> <li>Содержание оставшихся веществ: <math>\text{Na}_2\text{SO}_4</math> – 36,2кг; примеси – 4,7 кг. всего – 1797,96 кг.</li> <li>Масса входящего рассола <math>m = 5,19 \cdot 1197 = 6212,43</math> (кг)  где 1197 – плотность рассола, кг/м<sup>3</sup>;  Масса воды в поступающей жидкости составит:  <math>m = 6212,43 - 1797,96 = 4414,47</math> кг </li> </ol> <p>II. Рассчитаем состав выходящей жидкости</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>Найдем объем жидкости, выходящей из АБ – 1. Поскольку содержание хлорида натрия не изменяется, изменение концентрации связано с изменением объема:  <math display="block">V_{\text{вых}} = V_{\text{вх}} \frac{[\text{Cl}^-]_{\text{вх}}}{[\text{Cl}^-]_{\text{вых}}}</math> <math display="block">V_{\text{вых}} = 5,19 \text{ м}^3 \cdot \frac{102,5 \text{ н.д.}}{95,4 \text{ н.д.}} = 5,576 \text{ м}^3</math> </li> <li>Масса <math>(\text{NH}_4)_2\text{CO}_3</math>, выходящего с жидкостью из АБ–1:</li> </ol>

$$= \frac{27,1}{20} = 1,355$$

$$C_N = 1,355 \text{ (моль/дм}^3\text{)}$$

$$n_3 = C_N \cdot V = 1,355 \text{ моль/дм}^3 \cdot 5,576 \cdot 1000 \text{ дм}^3 = 7,56 \cdot 10^3 \text{ моль}$$

$$m = n_3 \cdot M_3 = 7,56 \cdot 10^3 \text{ моль} \cdot 48 \text{ г/моль} = 362,66 \cdot 10^3 \text{ г} = 362,66 \text{ кг}$$

Образовалось  $(\text{NH}_4)_2\text{CO}_3$  в АБ–1:  $m = 362,66 - 98,4 = 264,26$  (кг)

3. Масса  $\text{NH}_4\text{OH}$ , выходящего с жидкостью из АБ–1:

$$x = 61,2 - 27,1 = 34,1$$

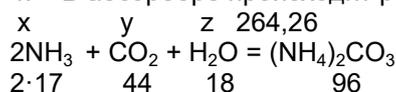
$$C_N = 34,1/20 = 1,705 \text{ (моль/дм}^3\text{)}$$

$$n_3 = C_N \cdot V = 1,705 \text{ моль/дм}^3 \cdot 5,576 \cdot 1000 \text{ дм}^3 = 9,51 \cdot 10^3 \text{ моль}$$

$$m = n_3 \cdot M_3 = 9,51 \cdot 10^3 \text{ моль} \cdot 35 \text{ г/моль} = 332,75 \cdot 10^3 \text{ г} = 332,75 \text{ кг,}$$

Образовалось  $\text{NH}_4\text{OH}$  в АБ–1:  $m = 332,75 - 102,63 = 230,12$  (кг)

4. В абсорбере происходит реакция:



Для образования 264,26 кг  $(\text{NH}_4)_2\text{CO}_3$  необходимо:

– $\text{NH}_3$ :

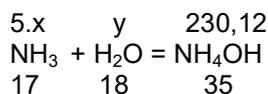
$$x = \frac{2 \cdot 17 \cdot 264,26}{96} = 93,59 \text{ (кг)}$$

– $\text{CO}_2$

$$y = \frac{44 \cdot 264,26}{96} = 121,12 \text{ (кг)}$$

–  $\text{H}_2\text{O}$ :

$$z = \frac{18 \cdot 264,26}{96} = 49,55 \text{ (кг)}$$



Для образования 230,12 кг  $\text{NH}_4\text{OH}$  необходимо:

– $\text{NH}_3$ :

$$x = \frac{17 \cdot 230,12}{35} = 111,77 \text{ (кг)}$$

–  $\text{H}_2\text{O}$ :

$$y = \frac{18 \cdot 230,12}{35} = 118,35 \text{ (кг)}$$

6. Всего на образование  $(\text{NH}_4)_2\text{CO}_3$  и  $\text{NH}_4\text{OH}$  пошло:

– $\text{NH}_3$ :  $93,59 + 111,77 = 205,36$  кг

– $\text{CO}_2$ : 121,12 кг

– $\text{H}_2\text{O}$ :  $49,55 + 118,35 = 167,90$  кг

7. Состав жидкости, выходящей из АБ–1, кг:  $\text{NaCl}$ – 1556,03;  $\text{Na}_2\text{SO}_4$ – 36,2; примеси – 4,7;  $(\text{NH}_4)_2\text{CO}_3$ – 362,66;  $\text{NH}_4\text{OH}$  – 332,75. Всего – 2292,34 кг.

Масса выходящей жидкости:

$$m = 5,576 \text{ м}^3 \cdot 1179 \text{ кг/м}^3 = 6574,10 \text{ кг}$$

Масса воды в жидкости, выходящей из АБ–1:  $m = 6574,10 - 2292,34 = 4281,76$  кг

8. Определим количество воды, уходящей с газом. В АБ–1 вода приходит с исходным раствором (4414,47 кг) и с газом из АБ–2 (42,2 кг). Часть воды (4281,76 кг) подается вместе с раствором в АБ–2 и часть расходуется на образование  $\text{NH}_4\text{OH}$  и  $(\text{NH}_4)_2\text{CO}_3$  (167,90 кг).

Остальная вода уносится с газом, выходящим из АБ–1.

$$\text{Масса воды: } m = (4414,47 + 42,2) - (4281,76 + 167,90) = 7,01 \text{ кг}$$

III. Составим таблицу материального баланса газовой смеси в АБ–1 на 1000 кг соды.

Вещество	Приход, кг	Расход на реакции, кг	Уходит с газом, кг
NH <sub>3</sub>	206,9	205,36	1,54
CO <sub>2</sub>	122,3	121,12	1,08
H <sub>2</sub> O	42,2	167,90	7,01
Воздух	10,0	-	10,0

Ниже приведен материальный баланс абсорбера АБ-1 на 1000 кг соды.

Приход	Масса, кг	Расход	Масса, кг
Жидкость из ПГКЛ – 2 в ПГАБ:		Жидкость в АБ–2:	
NaCl	1556,03	NaCl	1556,03
(NH <sub>4</sub> ) <sub>2</sub> CO <sub>3</sub>	98,40	(NH <sub>4</sub> ) <sub>2</sub> CO <sub>3</sub>	362,66
NH <sub>4</sub> OH	102,63	NH <sub>4</sub> OH	332,75
Na <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	36,20	Na <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	36,20
H <sub>2</sub> O	4414,47	H <sub>2</sub> O	4281,76
примеси	4,70	примеси	4,70
Итого	6212,43	Итого	6574,10
Газ из АБ-2:		Газ из ПГАБ:	
CO <sub>2</sub>	122,20	CO <sub>2</sub>	1,08
NH <sub>3</sub>	206,90	NH <sub>3</sub>	1,54
воздух	10,00	воздух	10,00
H <sub>2</sub> O	42,20	H <sub>2</sub> O	7,01
Итого	381,30	Итого	19,63
ВСЕГО	6593,73	ВСЕГО	6593,73

### 3.6 Курсовой проект

3.6.1 УК-1 Способен осуществлять поиск, критический анализ и синтез информации, применять системный подход для решения поставленных задач

#### Примерная тематика курсового проекта

№ задания	Тема курсового проекта
172.	Современные методы ректификации.
173.	Конверсия метана
174.	Синтез аммиака. Колонна синтеза.
175.	Катализ при синтезе аммиака. Механизм действия катализатора при окислении аммиака.
176.	Получение концентрированной азотной кислоты прямым способом.
177.	Производство серной кислоты из серного колчедана. Контактное отделение.
178.	Получение концентрированной фосфорной кислоты.
179.	Производство экстракционной фосфорной кислоты.

#### 3.6.2.

ПКв-2

Способен организовывать процесс производства выпускаемой продукции, выбирать и применять соответствующие методики анализа для обеспечения контроля качества сырья, вспомогательных материалов и готовых изделий с учетом требований нормативно-технической документации

№ задания	Тема курсового проекта
180.	Очистка технической воды хемосорбционным волокном ФИБАН Х-1.
181.	Совершенствование технологии химической водоочистки на НВ АЭС.

182.	Применение тройных диаграмм состояния в технологии неорганических веществ.
------	--

### 3.6.3 ПКв-4

*Способность обеспечивать эффективное, экологически и технически безопасное производство на основе выбора и эксплуатации оборудования, оснастки, методов и приемов организации труда*

№ задания	Тема курсового проекта
183.	Производство азотной кислоты по комбинированной схеме в агрегате АК-72. Стадия окисления аммиака.
184.	Производство слабой азотной кислоты (50 тыс. т./г.) . Отделения окисления аммиака и абсорбции нитрозных газов.
185.	Производство серной кислоты из серы. Печь для сжигания серы.
186.	Расчет материальных и тепловых балансов технологии производства серной кислоты из серы.

## 3.7 Курсовая работа

**3.7.1 УК-1** *Способен осуществлять поиск, критический анализ и синтез информации, применять системный подход для решения поставленных задач*

### Примерная тематика курсовой работы

№ задания	Тема курсовой работы
187.	Технология аммиачной селитры: безупарочный способ производства
188.	Технология сульфата аммония: полупрямой сатураторный способ
189.	Технология сульфата аммония: бессатураторный метод
190.	Технология двойного суперфосфата: поточный метод
191.	Технология хлорида калия: галургический способ
192.	Технология хлорида калия: флотационный способ

### 3.7.3 ПКв-4

*Способность обеспечивать эффективное, экологически и технически безопасное производство на основе выбора и эксплуатации оборудования, оснастки, методов и приемов организации труда*

№ задания	Тема курсовой работы
193.	Технология нитроаммофоски: азотнокислотный способ с вымораживанием нитрата кальция
194.	Технология нитроаммофоски: нейтрализация смеси фосфорной и азотной кислот аммиаком
195.	Технология получения аммофоса по схеме с упаркой пульпы в выпарных аппаратах и с грануляцией в аппарате БГС
196.	Технология сульфата калия: переработка полиминеральных руд
197.	Конверсионный способ получения сульфата калия
198.	Технология нитрата калия: конверсионный способ
199.	Получение нитрата калия из хлорида калия и азотной кислоты

#### **4. Методические материалы, определяющие процедуры оценивания знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций.**

Процедуры оценивания в ходе изучения дисциплины знаний, умений и навыков, характеризующих этапы формирования компетенций, регламентируются положениями:

- П ВГУИТ 2.4.03 Положение о курсовых, экзаменах и зачетах;
- П ВГУИТ 4.1.02 Положение о рейтинговой оценке текущей успеваемости.

**Бальная система** служит для получения экзамена по дисциплине.

Максимальное число баллов за семестр – 50.

Максимальное число баллов по результатам текущей работы в семестре – 30.

Максимальное число баллов на экзамене – 20.

Студент, набравший за текущую работу менее 15 баллов, т.к. не выполнил всю работу в семестре, к сдаче экзамена не допускается.

*Если студент по результатам текущей работы в семестре набрал не менее 18 баллов и освоил все контрольные точки, то он может быть освобожден от сдачи экзамена. Выставляется оценка по дисциплине как средневзвешенная – среднеарифметическое из 6 оценок в течение периода изучения дисциплины.*

Билеты могут включать следующие блоки, представленные в таблице:

<b>Блок</b>	<b>Тип задания</b>	<b>Задание, шт.</b>	<b>Баллы, ед.</b>	<b>Итого баллов, ед.</b>
Собеседование	Теоретический вопрос	2	5	10
Кейс-задача	Кейс-задача	1	10	10
	<b>Итого:</b>	<b>3</b>		<b>20</b>

При частично правильном ответе **сумма баллов делится пополам.**

Для получения оценки «отлично» суммарная бально-рейтинговая оценка студента по результатам работы в семестре и на экзамене должна составлять 90 и выше баллов;

- оценки «хорошо» суммарная бально-рейтинговая оценка студента по результатам работы в семестре и на экзамене должна составлять от 75 до 89,99 баллов;

- оценки «удовлетворительно» суммарная бально-рейтинговая оценка студента по результатам работы в семестре и на экзамене должна составлять от 60 до 74,99 баллов;

- оценки «неудовлетворительно» суммарная бально-рейтинговая оценка студента по результатам работы в семестре и на экзамене должна составлять менее 60 баллов.

**5. Описание показателей и критериев оценивания компетенций на различных этапах их формирования, описание шкал оценивания для каждого результата обучения по дисциплине**

Результаты обучения по этапам формирования компетенций	Предмет оценки (продукт или процесс)	Показатель оценивания	Критерии оценивания сформированности компетенций	Шкала оценки	
				Академическая оценка или баллы	Уровень освоения компетенции
<b>УК-1 - Способен осуществлять поиск, критический анализ и синтез информации, применять системный подход для решения поставленных задач</b>					
<b>Знать</b> способы и базы поиска информации, методы анализа и синтеза информации; варианты поиска решения поставленных технологических задач	Собеседование (коллоквиум, экзамен)	Знание основных характеристик технологического процесса в соответствии с регламентом	Обучающийся активно участвовал в собеседовании и обсуждении, подготовил аргументы в пользу решения; допустил не более 1 ошибки в ответе;	Отлично	Освоена (повышенный)
			Обучающийся участвовал в обсуждении, подготовил аргументы в пользу решения, допустил более 1, но менее 3 ошибок;	Хорошо	Освоена (повышенный)
			Обучающийся участвовал в обсуждении, предоставил мало аргументов в пользу решения, допустил более 3, но менее 5 ошибок;	Удовлетворительно	Освоена (базовый)
			Обучающийся не внес вклада в собеседование и обсуждение, предлагал неверные решения, допустил более 5 ошибок	Неудовлетворительно	Не освоена (недостаточный)
<b>Уметь</b> оценивать достоинства и недостатки найденных вариантов решения технологических задач	Задача	Содержание решения	Обучающийся выбрал верную методику решения, представил пояснения, провел верный расчет, допустил не более 1 ошибки в ответе	Отлично	Освоена (повышенный)
			Обучающийся выбрал верную методику решения задачи, представил краткие пояснения, провел частично верный расчет, имеются незначительные замечания по тексту и оформлению работы, допущено не более 3 ошибок в ответе	Хорошо	Освоена (повышенный)
			Обучающийся выбрал верную методику решения задачи, пояснения не представлены в необходимом объеме, расчет (или схема) выполнены с ошибками, имеются значительные замечания по тексту и оформлению работы, допустил не более 5 ошибок в ответе	Удовлетворительно	Освоена (базовый)
			Обучающийся выбрал неверную методику решения задачи или неверный ответ на задание	Неудовлетворительно	Не освоена (недостаточный)

Владеть навыками применения системного подхода к решению задач производственной деятельности	Курсовой проект	Содержание проекта	Студент проделал верный расчет параметров, представил пояснительную записку в объеме не менее 20 стр. формата А4, представил графическую часть, ответил на все вопросы, <b>допустил</b> не более 1 ошибки в ответе	Отлично	Освоена (повышенный)
			Студент проделал верный расчет параметров, представил пояснительную записку в объеме не менее 20 стр. формата А4, представил графическую часть, ответил на все вопросы, имеются незначительные замечания по тексту и оформлению работы, <b>допустил</b> не более 3 ошибок в ответе.	Хорошо	Освоена (повышенный)
			Студент проделал верный расчет параметров, представил пояснительную записку в объеме не менее 20 стр. формата А4, представил графическую часть, ответил на все вопросы, имеются значительные замечания по тексту и оформлению работы, <b>допустил</b> не более 5 ошибок в ответе	Удовлетворительно	Освоена (базовый)
			Студент проделал неверный расчет параметров, представил пояснительную записку в объеме менее 20 стр. формата А4, не представил графическую часть, ответил на все вопросы, имеются значительные замечания по тексту и оформлению работы, <b>допустил</b> более 5 ошибок в ответе	Неудовлетворительно	Не освоена (недостаточный)
	Курсовая работа	Содержание работы	Студент проделал верный расчет параметров, представил пояснительную записку в объеме не менее 20 стр. формата А4, ответил на все вопросы, <b>допустил</b> не более 1 ошибки в ответе	Отлично	Освоена (повышенный)
			Студент проделал верный расчет параметров, представил пояснительную записку в объеме не менее 20 стр. формата А4, ответил на все вопросы, имеются незначительные замечания по тексту и оформлению работы, <b>допустил</b> не более 3 ошибок в ответе.	Хорошо	Освоена (повышенный)
			Студент проделал верный расчет параметров, представил пояснительную записку в объеме не менее 20 стр. формата А4, ответил на все вопросы, имеются значительные замечания по тексту и оформлению работы, <b>допустил</b> не более 5 ошибок в ответе	Удовлетворительно	Освоена (базовый)
			Студент проделал неверный расчет параметров, представил пояснительную записку в объеме менее 20 стр. формата	Неудовлетворительно	Не освоена (недостаточный)

			A4, ответил на все вопросы, имеются значительные замечания по тексту и оформлению работы, <b>допустил</b> более 5 ошибок в ответе		
<b>ПКв-2 - Способен организовывать процесс производства выпускаемой продукции, выбирать и применять соответствующие методики анализа для обеспечения контроля качества сырья, вспомогательных материалов и готовых изделий с учетом требований нормативно-технической документации</b>					
<b>Знать</b> основные характеристики технологического процесса в соответствии с регламентом; характеристики основных параметров технологического процесса, методики анализа для обеспечения контроля качества сырья, вспомогательных материалов и готовых изделий с учетом требований нормативно-технической документации	Собеседование	Знание основных характеристик технологического процесса в соответствии с регламентом	Обучающийся активно участвовал в собеседовании и обсуждении, подготовил аргументы в пользу решения; допустил не более 1 ошибки в ответе;	Отлично	Освоена (повышенный)
			Обучающийся участвовал в обсуждении, подготовил аргументы в пользу решения, допустил более 1, но менее 3 ошибок;	Хорошо	Освоена (повышенный)
			Обучающийся участвовал в обсуждении, представил мало аргументов в пользу решения, допустил более 3, но менее 5 ошибок;	Удовлетворительно	Освоена (базовый)
			Обучающийся не внес вклада в собеседование и обсуждение, предлагал неверные решения, допустил более 5 ошибок	Неудовлетворительно	Не освоена (недостаточный)
	Тест (защита лабораторной работы)	Результат тестирования	85 % и более правильных ответов	Отлично	Освоена (повышенный)
			от 70 до 85 % правильных ответов;	Хорошо	Освоена (повышенный)
			от 50 до 70 % правильных ответов;	Удовлетворительно	Освоена (базовый)
			менее 50 % правильных ответов.	Неудовлетворительно	Не освоена (недостаточный)
Умеет: использовать полученные знания при проведении технологического процесса; оценивать соответствие нормативам основных характеристик технологического процесса; применять методики анализа для обеспечения контроля качества сырья, вспомогательных материалов и готовых изделий с учетом требований нормативно-технической документации	Задача	Содержание решения	Обучающийся выбрал верную методику решения, представил пояснения, провел верный расчет, допустил не более 1 ошибки в ответе	Отлично	Освоена (повышенный)
			Обучающийся выбрал верную методику решения задачи, представил краткие пояснения, провел частично верный расчет, имеются незначительные замечания по тексту и оформлению работы, допущено не более 3 ошибок в ответе	Хорошо	Освоена (повышенный)
			Обучающийся выбрал верную методику решения задачи, пояснения не представлены в необходимом объеме, расчет (или схема) выполнены с ошибками, имеются значительные замечания по тексту и оформлению работы, допустил не более 5 ошибок в ответе	Удовлетворительно	Освоена (базовый)
			Обучающийся выбрал неверную методику решения задачи или неверный ответ на задание	Неудовлетворительно	Не освоена (недостаточный)

Владеет: навыками анализа и измерения характеристик основных параметров технологического процесса и способен оценивать их соответствие требуемым нормативам	Кейс-задача (экзамен)	Содержание решения	обучающийся грамотно разобрался в ситуации, выявил причины случившейся ситуации, предложил несколько альтернативных вариантов выхода из сложившейся ситуации	Отлично	Освоена (повышенный)
			обучающийся разобрался в ситуации, выявил причины случившейся ситуации, предложил один вариант выхода из сложившейся ситуации	Хорошо	Освоена (повышенный)
			обучающийся разобрался в сложившейся ситуации, однако не выявил причины случившегося и не предложил вариантов решения	Удовлетворительно	Освоена (базовый)
			обучающийся не разобрался в сложившейся ситуации, не выявил причины случившегося и не предложил вариантов решения	Неудовлетворительно	Не освоена (недостаточный)
<b>ПКв-4 Способность обеспечивать эффективное, экологически и технически безопасное производство на основе выбора и эксплуатации оборудования, оснастки, методов и приемов организации труда</b>					
Знает: оборудование, оснастку, методы и приемы организации труда, мероприятия по устранению и предупреждению выпуска некачественной продукции с учетом необходимости обеспечения эффективного, экологически и технически безопасного производства	Сообеседование	Знание основных характеристик технологического процесса в соответствии с регламентом	Обучающийся активно участвовал в собеседовании и обсуждении, подготовил аргументы в пользу решения; допустил не более 1 ошибки в ответе;	Отлично	Освоена (повышенный)
			Обучающийся участвовал в обсуждении, подготовил аргументы в пользу решения, допустил более 1, но менее 3 ошибок;	Хорошо	Освоена (повышенный)
			Обучающийся участвовал в обсуждении, предоставил мало аргументов в пользу решения, допустил более 3, но менее 5 ошибок;	Удовлетворительно	Освоена (базовый)
			Обучающийся не внес вклада в собеседование и обсуждение, предлагал неверные решения, допустил более 5 ошибок	Неудовлетворительно	Не освоена (недостаточный)
	Тест (защита лабораторной работы)	Результат тестирования	85 % и более правильных ответов	Отлично	Освоена (повышенный)
			от 70 до 85 % правильных ответов;	Хорошо	Освоена (повышенный)
			от 50 до 70 % правильных ответов;	Удовлетворительно	Освоена (базовый)
			менее 50 % правильных ответов.	Неудовлетворительно	Не освоена (недостаточный)
Умеет: подбирать необходимое для данного производства оборудование, оснастку, выбирать методы и приемы организации труда, мероприятия по устранению и предупреждению выпуска некачественной продукции с	Курсовой проект	Содержание проекта	Студент проделал верный расчет параметров, представил пояснительную записку в объеме не менее 20 стр. формата А4, представил графическую часть, ответил на все вопросы, <b>допустил</b> не более 1 ошибки в ответе	Отлично	Освоена (повышенный)
			Студент проделал верный расчет параметров, представил пояснительную записку в объеме не менее 20 стр. формата	Хорошо	Освоена (повышенный)

учетом необходимости обеспечения эффективного, экологически и технически безопасного процесса			A4, представил графическую часть, ответил на все вопросы, имеются незначительные замечания по тексту и оформлению работы, <b>допустил</b> не более 3 ошибок в ответе.		
			Студент проделал верный расчет параметров, представил пояснительную записку в объеме не менее 20 стр. формата A4, представил графическую часть, ответил на все вопросы, имеются значительные замечания по тексту и оформлению работы, <b>допустил</b> не более 5 ошибок в ответе	Удовлетворительно	Освоена (базовый)
			Студент проделал неверный расчет параметров, представил пояснительную записку в объеме менее 20 стр. формата A4, не представил графическую часть, ответил на все вопросы, имеются значительные замечания по тексту и оформлению работы, <b>допустил</b> более 5 ошибок в ответе	Неудовлетворительно	Не освоена (недостаточный)
Владеет: навыками грамотной организации процессас целью недопущения выпуска некачественной продукции	Кейс-задача (экзамен)	Содержание решения	обучающийся грамотно разобрался в ситуации, выявил причины случившейся ситуации, предложил несколько альтернативных вариантов выхода из сложившейся ситуации	Отлично	Освоена (повышенный)
			обучающийся разобрался в ситуации, выявил причины случившейся ситуации, предложил один вариант выхода из сложившейся ситуации	Хорошо	Освоена (повышенный)
			обучающийся разобрался в сложившейся ситуации, однако не выявил причины случившегося и не предложил вариантов решения	Удовлетворительно	Освоена (базовый)
			обучающийся не разобрался в сложившейся ситуации, не выявил причины случившегося и не предложил вариантов решения	Неудовлетворительно	Не освоена (недостаточный)
	Курсовая работа	Содержание работы	Студент проделал верный расчет параметров, представил пояснительную записку в объеме не менее 20 стр. формата A4, ответил на все вопросы, <b>допустил</b> не более 1 ошибки в ответе	Отлично	Освоена (повышенный)
			Студент проделал верный расчет параметров, представил пояснительную записку в объеме не менее 20 стр. формата A4, ответил на все вопросы, имеются незначительные замечания по тексту и оформлению работы, <b>допустил</b> не более 3 ошибок в ответе.	Хорошо	Освоена (повышенный)
			Студент проделал верный расчет параметров, представил пояснительную записку в объеме не менее 20 стр. формата A4, ответил на все вопросы, имеются	Удовлетворительно	Освоена (базовый)

			<p>значительные замечания по тексту и оформлению работы, <b>допустил</b> не более 5 ошибок в ответе</p>		
			<p>Студент проделал неверный расчет параметров, представил пояснительную записку в объеме менее 20 стр. формата А4, ответил на все вопросы, имеются значительные замечания по тексту и оформлению работы, <b>допустил</b> более 5 ошибок в ответе</p>	<p>Неудовлетворительно</p>	<p>Не освоена (недостаточный)</p>