

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования
«Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова»

СОГЛАСОВАНО

Директор ИнБиоХим
Лазуткина

Ю.С.

Рабочая программа дисциплины

Код и наименование дисциплины: **Б1.В.ДВ.9.2 «Технология серы и серной кислоты»**

Код и наименование направления подготовки (специальности): **18.03.01**

Химическая технология

Направленность (профиль, специализация): **Технология химических производств**

Статус дисциплины: **дисциплины (модули) по выбору**

Форма обучения: **очная**

Статус	Должность	И.О. Фамилия
Разработал	профессор	Т.Ф. Свит
Согласовал	Зав. кафедрой «ХТ»	В.В. Коньшин
	руководитель направленности (профиля) программы	А.М. Маноха

г. Барнаул

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

Код компетенции из УП и этап её формирования	Содержание компетенции	В результате изучения дисциплины обучающиеся должны:		
		знать	уметь	владеть
ОПК-3	готовностью использовать знания о строении вещества, природе химической связи в различных классах химических соединений для понимания свойств материалов и механизма химических процессов, протекающих в окружающем мире	строение вещества, природу химических связей в различных классах химических соединений	применять знания о строении веществ и природе химических связей для понимания свойств материалов, сырья и продукции, используемых в производстве серы и серной кислоты	методами изучения механизма химических процессов для обоснования физико-химических основ производства серы и серной кислоты
ПК-1	способностью и готовностью осуществлять технологический процесс в соответствии с регламентом и использовать средства для измерения основных параметров технологического процесса, свойств сырья и продукции	технологические процессы в производстве серы и серной кислоты, технические средства для измерения основных параметров производства, свойства сырья, вспомогательных материалов и продукции	применять знание устройства и принципа действия технических средств для измерения основных параметров технологических процессов, свойств сырья и продукции в производстве серы и серной кислоты	методами измерения основных параметров технологических процессов, приборами для определения свойств сырья и продукции в производстве серы и серной кислоты
ПК-10	способностью проводить анализ сырья, материалов и готовой продукции, осуществлять оценку результатов анализа	методики анализа сырья, готовой продукции и оценки результатов анализа	Выполнять анализы сырья и готовой продукции, осуществлять оценку результатов анализа	методами анализа сырья и готовой продукции, а также оценки результатов анализа в производстве серной кислоты и серы
ПК-4	способностью принимать конкретные технические решения при разработке технологических процессов, выбирать технические средства и технологии с учетом экологических последствий их применения	основные технические решения в разработке технологических процессов, технические средства и возможности их безопасного применения для обслуживающего персонала и окружающей среды	принимать конкретные технические решения при разработке технологических процессов, выбирать технические средства и технологии с учётом экологических последствий их применения	методами разработки технологических процессов, устройством и принципом действия технических средств и их возможностями безопасной работы для окружающей среды

2. Место дисциплины в структуре образовательной программы

Дисциплины (практики), предшествующие изучению дисциплины, результаты освоения которых необходимы для освоения данной дисциплины.	Общая и неорганическая химия, Общая химическая технология, Процессы и аппараты химической технологии, Теоретические основы химической технологии, Физическая химия
Дисциплины (практики), для которых результаты освоения данной дисциплины будут необходимы, как входные знания, умения и владения для их изучения.	Выпускная квалификационная работа, Преддипломная практика

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

Общий объем дисциплины в з.е. /час: 3 / 108

Форма промежуточной аттестации: Зачет

Форма обучения	Виды занятий, их трудоемкость (час.)				Объем контактной работы обучающегося с преподавателем (час)
	Лекции	Лабораторные работы	Практические занятия	Самостоятельная работа	
очная	26	0	13	69	49

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

Форма обучения: очная

Семестр: 8

Лекционные занятия (26ч.)

1. Введение

Общие сведения о сере и серной кислоте. {с элементами электронного обучения и дистанционных образовательных технологий} (2ч.) [3,4,5,8] Тема 1

Общие сведения о серной кислоте.

Свойства серной кислоты и олеума

2. Получение сернистого газа {с элементами электронного обучения и дистанционных образовательных технологий} (2ч.) [1,3,4,8] Тема 2 Сырьё для

производства серной кислоты

Тема 3 Физико-химические основы получения сернистого газа

3.1 Состав и объём сернистого газа

3.2 Расхода воздуха. Выход огарка.

3.3 Теплота и температура горения серного сырья. Скорость горения сырья

3. Получение сернистого газа (продолжение темы) {с элементами электронного обучения и дистанционных образовательных технологий} (2ч.)[1,4,8] 1 Материальные и тепловые потоки и балансы процесса сжигания серного сырья.

2 Оборудование печного отделения, технологический режим. Сравнительная характеристика печей. Показатели работы печей для сжигания сырья.

3 Утилизация тепла сернистого газа в котлах-утилизаторах. Параметры пара; выход пара.

4. Специальная очистка сернистого газа от примесей {с элементами электронного обучения и дистанционных образовательных технологий} (2ч.)[1,3,5,8] 1 Промывка сернистого газа растворами серной кислоты.

1.1 Физико-химические основы промывки.

1.2 Технологическая схема и технологический режим промывного отделения.

2.3 Аппаратура промывного отделения.

2.4 Технологические расчёты промывки сернистого газа.

3 Осушка сернистого газа.

3.1 Физико-химические основы осушки газа

3.2 Технологическая схема и технологический режим сушильного отделения

5. Каталитическое окисление диоксида серы кислородом. Физико-химические основы процесса окисления SO₂ с образованием SO₃ {с элементами электронного обучения и дистанционных образовательных технологий} (2ч.)[3,8] 1 Физико-химические основы окисления SO₂. 1.1 Катализаторы окисления диоксида серы. Механизм катализа. Термическая устойчивость катализаторов, действие каталитических ядов на катализаторы. 1.2 Равновесие реакции окисления SO₂. Влияние параметров процесса на равновесие реакции окисления диоксида серы. Расчёт равновесной степени окисления.

1.3 Влияние основных параметров процесса 1.3 Кинетика окисления. 6.4 Технологический режим процесса.

6. Продолжение темы Физико-химические основы каталитического окисления диоксида серы кислородом {с элементами электронного обучения и дистанционных образовательных технологий} (2ч.)[3,7,8] 1 Кинетика реакции окисления диоксида серы кислородом в присутствии катализатора. Уравнение Г.К. Борескова и его анализ.

2. Влияние температуры на скорость реакции окисления диоксида серы. Оптимальная температура окисления, изменение оптимальной температуры в процессе окисления диоксида серы. Диаграмма T-X с изображением равновесной и оптимальной кривых процесса окисления диоксида серы.

7. Типы контактных аппаратов, применяемых в серноокислотной промышленности {с элементами электронного обучения и дистанционных

образовательных технологий} (2ч.)[3,7,8] 1 Контактные аппараты с промежуточным теплообменом: устройство, принцип действия и сравнительная характеристика.

2 Контактные аппараты с внутренним теплообменом.

3 Контактные аппараты с кипящим слоем катализатора.

4 контактные аппараты с нестационарным режимом окисления диоксида серы.

5 Сравнительная характеристика контактных аппаратов.

8. Физико-химические основы и технологическая схема производства серной кислоты по методу двойного контактирования с промежуточной абсорбцией триоксида серы (метод ДК-ДА). {с элементами электронного обучения и дистанционных образовательных технологий} (2ч.)[3,8] 1 Сущность метода ДК-ДА.

2 Технологическая схема производства серной кислоты по методу ДК-ДА.

3 Сравнительная характеристика производства серной кислоты по одностадийному контактированию и методу ДК-ДА. Показатели процесса окисления. 4 Расчёт технологического режима окисления диоксида серы по методу ДК-ДА.

9. Физико-химические основы и технологическая схема процесса абсорбции триоксида серы растворами серной кислоты и олеума. {с элементами электронного обучения и дистанционных образовательных технологий} (2ч.)[3,6,8] 1 Обоснование метода двухстадийной абсорбции SO₃ растворами серной кислоты и олеумом.

2 Относительное содержание паров воды и диоксида серы в перерабатываемом газе на возможность выпуска продукции в виде стандартного олеума. 3 Влияние доли SO₃, абсорбированного в олеумном абсорбере, на выпуск продукции цеха в виде стандартного олеума. 4 Показатели процесса абсорбции SO₃

10. Материальные и тепловые расчёты абсорбционного отделения. {разработка проекта} (2ч.)[6,8] 1 Применение правила "креста" в расчётах материальных потоков в отделении абсорбции паров воды и SO₃ растворами серной кислоты и олеума. 2 Методы расчёта тепловых балансов абсорбционных процессов.

11. Применение повышенного давления в производстве серной кислоты {с элементами электронного обучения и дистанционных образовательных технологий} (2ч.)[8] 1 Физико-химические основы производства серной кислоты под давлением. 2 Технологические схемы и технологический режим производства серной кислоты под давлением (схемы СКД).

12. Основы методики расчёта производства серной кислоты на ЭВМ {с элементами электронного обучения и дистанционных образовательных технологий} (2ч.)[3,5] Блок-схемы расчёта отдельных стадий производства серной кислоты на ЭВМ (печное отделение, промывное отделение, расчёт контактных аппаратов разных типов, сушильно-абсорбционное отделение).

13. Пути развития производства серной кислоты(2ч.)[3,8] 1 Применение кислорода в производстве серной кислоты. 2 Новые катализаторы для окисления диоксида серы.

3. Использование высококонцентрированного газа в производстве серной кислоты

4 Разработка современных вымокопроизводительных аппаратов нового типа на разных стадиях производства серной кислоты

Практические занятия (13ч.)

1. Расчет расходных коэффициентов сырья в производстве серной кислоты и выхода продукта {образовательная игра} (2ч.)[1,2,3] Примеры расчёта расхода серы, серного колчедана, сероводорода и др. видов сырья на получение 1 т (другого заданного количества) продукта (в расчёте на моногидрат серной кислоты)

2. Материальные расчёты печного отделения(2ч.)[1,3,8] 1 Расчет состава и объема сернистого газа, расхода воздуха на горение сырья.

2 Расчет материального баланса печи КС для сжигания серного колчедана

3 Контрольный опрос №1(по М1)

3. Тепловые расчёты и тепловые балансы печного отделения в производстве серной кислоты(2ч.)[1,3,8] 1 Расчёт количества тепла, выделяющегося в процессе сжигания различного серного сырья (серы, серного колчедана, сероводорода и др.)

2 Расчёт выхода пара в агрегате печь-котёл-утилизатор

3 Расчёт поверхности котла-утилизатора и охлаждающих элементов печи КС

4. Расчёты промывного отделения производства серной кислоты(2ч.)[1,3,6] 1 Расчет количества кислоты, выходящей из первой промывной башни

2 Расчет температуры кислоты первой промывной башни, работающей в испарительном режиме

3 Контрольный опрос по материалам М2

5. Каталитическое окисление диоксида серы в контактном аппарате(2ч.)[3,5,6,8] 1 Равновесие реакции окисления диоксида серы. Расчет константы равновесия, равновесного выхода продукта и оптимальной температуры

2 Изображение диаграммы Т-Х для контактных аппаратов с промежуточными теплообменниками

6. Расчёты сушильно-абсорбционного отделения в производстве серной кислоты(2ч.)[2,6,8] 1 Применение метода «креста» к расчетам массообменных процессов в технологии серной кислоты.

2 Расчёт материального баланса сушильно-абсорбционного отделения производства серной кислоты

7. Сушильно-абсорбционное отделение {беседа} (1ч.)[8] Тепловые расчёты процессов абсорбции паров воды и триоксида серы растворами серной кислоты

Самостоятельная работа (69ч.)

1. Проработка теоретического материала {деловая игра} (12ч.)[3,8,9,10]

2. Подготовка к практическим занятиям, включая подготовку к 2-м контрольным опросам(12ч.)[1,3,8]

3. Выполнение расчётного задания по дисциплине(30ч.)[1,2,3,4,8]

4. Подготовка к зачёту(15ч.)[3,4,8]

5. Перечень учебно-методического обеспечения самостоятельной работы обучающихся по дисциплине

Для каждого обучающегося обеспечен индивидуальный неограниченный доступ к электронно-библиотечным системам: Лань, Университетская библиотека он-лайн, электронной библиотеке АлтГТУ и к электронной информационно-образовательной среде:

1. Свит Т.Ф. Основы технологических расчетов в производстве сернистого газа. Учебное пособие. Барнаул: изд. АлтГТУ, 1997- 13 экз.

2. Свит Т.Ф., Зацепин В.В. Методические указания к выполнению курсового проекта по дисциплине «Технология производств неорганических веществ и полимерных материалов».- Барнаул: АлтГТУ, 2017 г.- 46 с. Библиотека электронных учебных материалов АлтГТУ.- Прямая ссылка: [http:// elib.altstu.ru/eum/download/ht/Svit_mukp.pdf](http://elib.altstu.ru/eum/download/ht/Svit_mukp.pdf)

3. Свит Т.Ф. Слайды к курсу лекций по дисциплине «Основы расчёта процессов производства серной кислоты". В 2-х частях.– Барнаул: АлтГТУ, 2016.– Прямая ссылка: <http://elib.altstu.ru/eum/download/tnv/Svit-termoan/pdf>

6. Перечень учебной литературы

6.1. Основная литература

4. Общая химическая технология. Основные концепции проектирования химико-технологических систем/Под редакцией Х.Э. Харлампиди,2014.- 384 с.Режим доступа:http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1_id=45973

5. Общая химическая технология. Методология проектирования химико-технологических систем/ под редакцией Х.Э.Харлампиди, 2013.-448 с. Режим доступа:http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1_cid=25&pl1_id=37357

6. Свит Т.Ф., Зацепин В.В. Технологическое оборудование химических производств: Учебное пособие.- Барнаул: АлтГТУ, 2015.-268 с. Библиотека электронных учебных ма-териалов АлтГТУ.- Режим доступа: <http://new.elib.altstu.ru/eum/download/tnv/Svit-Zac-texobor.pdf>

6.2. Дополнительная литература

7. Гумеров А.М. и др. Математическое моделирование химико-технологических систем. Учебное пособие для вузов /Под ред. Х.Э.Харлампиди.- Изд-во Лань, 2014.-176 с.-Режим доступа: http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1_id=41014

8. Амелин А. Г. Технология серной кислоты. - М: Химия, 1983.-360 с.- 27 экз.

7. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», необходимых для освоения дисциплины

9. химический каталог: химические ресурсы Рунета <http://www.ximicat.com/>;

10. XuMuK: сайт о химии для химиков <http://www.xumuk.ru/>;

8. Фонд оценочных материалов для проведения текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации

Содержание промежуточной аттестации раскрывается в комплекте контролируемых материалов, предназначенных для проверки соответствия уровня подготовки по дисциплине требованиям ФГОС, которые хранятся на кафедре-разработчике РПД в печатном виде и в ЭИОС.

Фонд оценочных материалов (ФОМ) по дисциплине представлен в приложении А.

9. Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине, включая перечень программного обеспечения и информационных справочных систем

Для успешного освоения дисциплины используются ресурсы электронной информационно-образовательной среды, образовательные интернет-порталы, глобальная компьютерная сеть Интернет. В процессе изучения дисциплины происходит интерактивное взаимодействие обучающегося с преподавателем через личный кабинет студента.

№пп	Используемое программное обеспечение
1	LibreOffice
2	Windows
3	Антивирус Kaspersky

№пп	Используемые профессиональные базы данных и информационные справочные системы
1	Бесплатная электронная библиотека онлайн "Единое окно к образовательным ресурсам" для студентов и преподавателей; каталог ссылок на образовательные интернет-ресурсы (http://Window.edu.ru)
2	Национальная электронная библиотека (НЭБ) — свободный доступ читателей к фондам российских библиотек. Содержит коллекции оцифрованных документов (как открытого доступа, так и ограниченных авторским правом), а также каталог изданий, хранящихся в библиотеках России. (http://нэб.рф/)

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

Наименование специальных помещений и помещений для самостоятельной работы
учебные аудитории для проведения занятий лекционного типа
учебные аудитории для проведения занятий семинарского типа
учебные аудитории для проведения групповых и индивидуальных консультаций

Наименование специальных помещений и помещений для самостоятельной работы
учебные аудитории для проведения текущего контроля и промежуточной аттестации
помещения для самостоятельной работы

Материально-техническое обеспечение и организация образовательного процесса по дисциплине для инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья осуществляется в соответствии с «Положением об обучении инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья».