

Документ подписан простой электронной подписью

Информация о владельце:

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации

ФИО: Смирнов Сергей Николаевич

Должность: врио ректора

ФГБОУ ВО «Тверской государственный университет»

Дата подписания: 09.08.2023 12:28:47

Уникальный программный ключ:

69e375c64f7e975d4e8830e7b4fcc2ad1bf35f08

Утверждаю:

Руководитель ООП

Феофанова М.А.

28 апреля 2021 г.



Рабочая программа дисциплины (с аннотацией)

Химическая технология

Направление подготовки

04.03.01 Химия

Направленность (профиль)

Перспективные материалы: синтез и анализ

Для студентов 3 курса очной формы обучения

Составитель: к.х.н., доцент Павлов А.С. \_\_\_\_\_

Тверь, 2021

## **I. Аннотация**

### **1. Цель и задачи дисциплины:**

**Цель дисциплины** дать студенту представление о современном состоянии и перспективах развития технологии основных химических производств. Научить студентов применять фундаментальные законы химических превращений к условиям промышленного производства.

### **Задачи дисциплины**

- знакомство с составом и структурой химического производства;
- изучение закономерностей химических превращений в условиях промышленного производства;
- обучение современным методам и приемам анализа, разработки и создания оптимальной организации химических и химико-технологических процессов;
- развитие химико-технологического мышления и эрудиции при анализе и синтезе химико-технологических процессов и систем;
- знакомство с основами экологии и защиты окружающей среды при создании химико-технологических производств на примерах передовых химических производств.
- повысить уровень профессиональной компетентности студентов посредством установления системы межпредметных связей содержания курса с содержанием профилирующих дисциплин.

### **2. Место дисциплины в структуре ООП**

Дисциплина «Химическая технология» входит в обязательную часть Блока 1. «Дисциплины» учебного плана. Дисциплина непосредственно связана с дисциплинами «Аналитическая химия», «Коллоидная химия» и "Химическая технология".

### **3. Объем дисциплины: 5 зачетных единиц, 180 академических часов, в том числе:**

**контактная аудиторная работа;** лекции - 18 часов, лабораторные работы – 54 часа;

**контактная внеаудиторная работа:** контроль самостоятельной работы – 40 часов;

**самостоятельная работа:** 41 час, контроль - 27 часов.

### **4. Планируемые результаты обучения по дисциплине, соотнесенных с планируемыми результатами освоения образовательной программы**

<b>Планируемые результаты освоения образовательной программы (формируемые компетенции)</b>	<b>Планируемые результаты обучения по дисциплине</b>
ОПК-1 Способен анализировать и интерпретировать результаты	ОПК-1.3 Формулирует заключения и выводы по результатам анализа литературных данных, собственных

химических экспериментов, наблюдений и измерений	экспериментальных и расчетно-теоретических работ химической направленности
ОПК-2 Способен проводить с соблюдением норм техники безопасности химический эксперимент, включая синтез, анализ, изучение структуры и свойств веществ и материалов, исследование процессов с их участием	ОПК-2.1 Работает с химическими веществами с соблюдением норм техники безопасности  ОПК-2.4 Проводит исследования свойств веществ и материалов с использованием серийного научного оборудования
ОПК-3 Способен применять расчетно-теоретические методы для изучения свойств веществ и процессов с их участием с использованием современной вычислительной техники	ОПК-3.1 Применяет теоретические и полуэмпирические модели при решении задач химической направленности  ОПК-3.2 Использует стандартное программное обеспечение при решении задач химической направленности
ОПК-6 Способен представлять результаты своей работы в устной и письменной форме в соответствии с нормами и правилами, принятыми в профессиональном сообществе	ОПК-6.1 Представляет результаты работы в виде отчета по стандартной форме на русском языке

### **5. Форма промежуточной аттестации и семестр:**

экзамен в 6-м семестре.

### **6. Язык преподавания русский.**

**II. Содержание дисциплины, структурированное по темам с указанием отведенного на них количества академических часов и видов учебных занятий**

Учебная программа – наименование разделов и тем	Всего (час.)	Контактная работа (час.)			Самостоятельная работа, в том числе контроль (час.)
		Лекции	Семинарские/ Практические занятия/ Лабораторные работы (оставить нужное)	Контроль самостоятельной работы	
1. Введение, основные понятия о технологическом процессе в химической промышленности. Материальный и энергетический баланс .	25	2	9	6	8
2. Понятия о процессах и аппаратах химического производства	17	2	3	4	8
3. Процессы добычи и переработки жидкого и газообразного топлива	22	2	6	5	9
4. Процессы переработки твердого топлива	23	2	6	6	9
5. Процессы обогащения исходного сырья	18	2	6	4	6
6. Химическая технология основного неорганического синтеза. Производство серной кислоты, технология связанного азота	24	2	6	6	10
7. Производство фосфорной кислоты. Производство удобрений	17	2	6	3	6
8. Химические технологии основного органического синтеза	16	2	6	2	6
9. Электрохимические производства. Производство алюминия, производство NaOH и хлора.	18	2	6	4	6
<b>ИТОГО:</b>	<b>180</b>	<b>18</b>	<b>54</b>	<b>40</b>	<b>68</b>

**III. Образовательные технологии**

Учебная программа – наименование разделов и тем (в строгом соответствии с разделом II РПД)	Вид занятия	Образовательные технологии

<p>Введение, основные понятия о технологическом процессе в химической промышленности. Материальный и энергетический баланс</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• лекция</li> <li>• семинарские занятия в аудитории</li> <li>• решение задач и упражнений</li> <li>• проверка домашних заданий</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• информационные (показ презентаций)</li> <li>• традиционные (решение упражнений),</li> <li>• технология модульного и блочно-модульного обучения</li> <li>• здоровьесберегающие технологии</li> </ul>
<p>Понятия о процессах и аппаратах химического производства</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• лекция</li> <li>• семинарские занятия в аудитории</li> <li>• решение задач и упражнений</li> <li>• проверка домашних заданий</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• информационные (показ презентаций)</li> <li>• традиционные (решение упражнений),</li> <li>• технология модульного и блочно-модульного обучения</li> <li>• здоровьесберегающие технологии</li> </ul>
<p>Процессы добычи и переработки жидкого и газообразного топлива</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• лекция</li> <li>• лабораторная работа в химической лаборатории</li> <li>• решение задач и упражнений</li> <li>• проверка домашних заданий</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• информационные (показ презентаций)</li> <li>• традиционные (решение упражнений),</li> <li>• технология модульного и блочно-модульного обучения</li> <li>• здоровьесберегающие технологии</li> </ul>
<p>Процессы переработки твердого топлива</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• лекция</li> <li>• лабораторная работа в химической лаборатории</li> <li>• решение задач и упражнений</li> <li>• проверка домашних заданий</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• традиционные (фронтальная лекция, решение упражнений),</li> <li>• технология исследовательской деятельности (химический эксперимент)</li> <li>• технология модульного и блочно-модульного обучения</li> <li>• здоровьесберегающие технологии</li> </ul>

<p>. Процессы обогащения исходного сырья</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• лекция</li> <li>• лабораторная работа в химической лаборатории</li> <li>• решение задач и упражнений</li> <li>• проверка домашних заданий</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• традиционные (фронтальная лекция, решение упражнений),</li> <li>• технология исследовательской деятельности (химический эксперимент)</li> <li>• технология модульного и блочно-модульного обучения</li> <li>• здоровьесберегающие технологии</li> </ul>
<p>Химическая технология основного неорганического синтеза. Производство серной кислоты, технология связанного азота</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• лекция</li> <li>• лабораторная работа в химической лаборатории</li> <li>• решение задач и упражнений</li> <li>• проверка домашних заданий</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• традиционные (фронтальная лекция, решение упражнений),</li> <li>• информационные (показ презентаций)</li> <li>• технология исследовательской деятельности (химический эксперимент)</li> <li>• технология модульного и блочно-модульного обучения</li> <li>• здоровьесберегающие технологии</li> </ul>
<p>Производство фосфорной кислоты. Производство удобрений</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• лекция</li> <li>• лабораторная работа в химической лаборатории</li> <li>• решение задач и упражнений</li> <li>• проверка домашних заданий</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• традиционные (фронтальная лекция, решение упражнений),</li> <li>• информационные (показ презентаций)</li> <li>• технология исследовательской деятельности (химический эксперимент)</li> <li>• технология модульного и блочно-модульного обучения</li> <li>• здоровьесберегающие технологии</li> </ul>

Химические технологии основного органического синтеза	<ul style="list-style-type: none"> <li>• лекция</li> <li>• лабораторная работа в химической лаборатории</li> <li>• решение задач и упражнений</li> <li>• проверка домашних заданий</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• традиционные (фронтальная лекция, решение упражнений),</li> <li>• информационные (показ презентаций)</li> <li>• технология исследовательской деятельности (химический эксперимент)</li> <li>• технология модульного и блочно-модульного обучения</li> <li>• здоровьесберегающие технологии</li> </ul>
Электрохимические производства. Производство алюминия, производство NaOH и хлора.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• лекция</li> <li>• лабораторная работа в химической лаборатории</li> <li>• решение задач и упражнений</li> <li>• проверка домашних заданий</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• традиционные (фронтальная лекция, решение упражнений),</li> <li>• информационные (показ презентаций)</li> <li>• технология исследовательской деятельности (химический эксперимент)</li> <li>• технология модульного и блочно-модульного обучения</li> <li>• здоровьесберегающие технологии</li> </ul>

**РАССЧЕТ БАЛЛОВ  
ПО ДИСЦИПЛИНЕ «Химическая технология»  
1 модуль**

№	Результат (индикатор)	Вид работы / способ	Критерии оценивания
1	ОПК-1.3 ОПК-2.1	Лабораторные работы-2	8 (4 балла за 1 лабораторную работу)
2	ОПК-2.4 ОПК-3.1 ОПК-3.2 ОПК-6.1	Контрольная работа №1 Контрольная работа №2  Заключительная контрольная работа по 1 модулю	3* 3 *(3 задания, 1 балл за 1 правильно решенное задание) 8 (содержит 3 задачи повышенной сложности и

			теоретический вопрос правильное решение задачи 2 балла; правильный ответ на вопрос 1 балл) )
3		Выполнение домашней работы,	1
4		Посещаемость	2
5		Работа на занятии	5
		<b>Итого:</b>	<b>30</b>

### 2 модуль

№	Результат (индикатор)	Вид работы / способ	Критерии оценивания
1	ОПК-1.3 ОПК-2.1	Лабораторные работы - 2	8 (4 балл за 1 лабораторную работу)
2	ОПК-2.4 ОПК-3.1 ОПК-3.2 ОПК-6.1	Контрольная работа № 3 Контрольная работа № 4  Заключительная контрольная работа по 2 модулю	3* 3 *(3 задания, 1 балл за 1 правильно решенное задание) 8
3		Выполнение домашней работы	1
4		Посещаемость	2
5		Работа на занятии	5
		<b>Итого:</b>	<b>30</b>
6		<b>Экзамен</b>	<b>40 (4 задания в билете, три теоретических вопроса и задача, по 10 баллов)</b>
		<b>Итого за 1 семестр</b>	<b>100 баллов</b>

### Текущий контроль успеваемости

Лабораторные работы по химической технологии выполняются по двое или индивидуально (если в группе нечетное число студентов). Время для выполнения



лабораторной работы 6 академических часов (три пары). Расчеты по лабораторным работам осуществляются студентами в домашних условиях с использованием компьютера, желательный вид оформления лабораторной работы в Word и Excel с распечаткой на листах белой бумаги формата А4. Лабораторные работы выполняются по заранее составленному графику.

## 1 модуль

**Контрольная работа №1.** Тема: «Основные понятия о технологическом процессе в химической промышленности. Материальный баланс»

1. Составить материальный баланс и рассчитать выход  $\text{SO}_2$  при обжиге 1000 кг руды, содержащей 22% серы в виде сульфида цинка (остальное – несгораемые примеси) и при подаче полуторакратного избытка воздуха по отношению к стехиометрии. Реакция обжига  $2\text{ZnS} + 3\text{O}_2 = 2\text{ZnO} + 2\text{SO}_2$

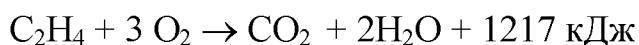
В огарке содержится 0,5% серы.

2. Определить расход сухого воздуха, количество и состав обжигового газа, количество и состав огарка при обжиге 1 т/ч флотационного колчедана, содержавшего 38% (массовых) серы. В колчедане выгорает 96 % серы. Коэффициент избытка воздуха составляет 1,4 по отношению к стехиометрии.

3. Рассчитать расход колчедана, содержащего 40% S на 1 т.  $\text{H}_2\text{SO}_4$ , если потери S сернистого ангидрида в производстве серной кислоты составляют 3%, а степень абсорбции – 99%.

**Контрольная работа №1.** Тема: «Основные понятия о технологическом процессе в химической промышленности. Материальный и энергетический баланс»

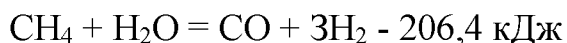
1. Оксид этилена получают окислением этилена по реакциям:



Рассчитать объемный расход исходной смеси (8% объемных долей этилена, 19,32 % объемных долей кислорода, остальное – азот) для получения 250 м<sup>3</sup>/ч

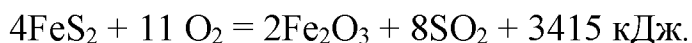
оксида этилена, если селективность по нему составляет 0,65, а степень превращения этилена равна 0,98. Определить так же общее количество выделившейся при этом теплоты.

2. Составить материальный баланс процесса паровой конверсии метана



и рассчитать количество потребляемой теплоты, если степень превращения  $\text{CH}_4$  равна 0,95, мольное соотношение  $\text{H}_2\text{O}/\text{CH}_4 = 3$ . Расчет вести на  $1000 \text{ м}^3$  исходной парогазовой смеси.

3. Рассчитать выход  $\text{SO}_2$  и определить количество выделенной теплоты при обжиге 1000 кг серного колчедана, содержащего 41% массовых долей серы при влажности 7.4% массовых долей. В огарке содержится 0.5 % массовых долей серы. Реакция:



## 2 модуль

**Контрольная работа №3.** Тема: Процессы добычи и переработки твердого, жидкого и газообразного топлива.

В этой теме рассматриваются следующие вопросы:

1. Общие представления о веществах, используемых в качестве топлива.
2. Природное и искусственное топливо.
3. Основные регионы добычи в РФ твердого топлива, нефти и газа.
4. Основные направления использования каменного угля. Коксохимия и гидрогенизация твердого топлива.
5. Переработка нефти, простая перегонка и химическая модификация жидкого топлива. Риформинг, термический и каталитический крекинг, каталитические системы в переработке нефти.

*Пример*

В результате длительных дождей влажность шихты увеличилась на 2%. Марочный состав и технический анализ шихты остаются прежними. Как изменить расход отопительного газа и температуру в контрольных вертикалах,

чтобы сохранить заданную готовность кокса. Влажность шихты – 9%; Расход отопительного газа – 11000 нм<sup>3</sup> /ч; Температура в контрольных вертикалах: – с машинной стороны – 1300 °С; – с коксовой стороны – 1345 °С. Удельный расход тепла на коксование влажной шихты  $q_{в.ш.} = 2480$  кДж/кг. Напоминаем, что каждый процент влаги в шихте увеличивает фактический удельный расход тепла на коксование примерно на 33,5 кДж/кг, а также требует увеличения температуры в простенках на 5–7 °С. При решении задачи следует иметь в виду, что относительное изменение удельного расхода тепла на коксование соответствует требуемым относительным изменениям расхода отопительного газа на обогрев.

(ответ относительное увеличение расхода газа 2.7%)

2. Какие основные продукты получаются с использованием каталитического крекинга?
3. Зачем нужны процессы изомеризации на современном НПЗ. Каковы тенденции развития данного процесса?

**Контрольная работа №4.** Тема: Химическая технология основного неорганического синтеза. Производство серной кислоты, технология связанного азота. Производство фосфорной кислоты. Производство удобрений

В этой теме рассматриваются следующие вопросы:

1. Сырье используемое в производстве серной кислоты..
2. преимущества и недостатки технологии производства серной кислоты из железного колчедана, серы и сероводорода..
3. Производство аммиака, основные способы получения азотно-водородной смеси..
4. Способы производства азотной кислоты разной концентрации.
- 5.Получение фосфорной кислоты экстракционным методом и электротермическое производство.
- 6.Основные виды удобрений и способы его производства.

1. Определить соотношение между  $H_2$  и  $N_2$  в азотоводородной смеси на входе в реактор синтеза аммиака, если в газе на выходе из него содержится, объемные доли, %:  $NH_3 - 17$ ,  $N_2 - 11$ ,  $H_2 - 72$ .

2. Рассчитать необходимый объем 68% -ной серной кислоты для разложения 100г. апатитового концентрата, содержащего 39%  $P_2O_5$ . Плотность серной кислоты (68%) составляет  $1.5874 \text{ г/см}^3$ . Реакция разложения:



3. Галургический метод производства хлористого калия, на чем основан?

### Промежуточная аттестация

#### 1. Вопросы для подготовки к экзамену по дисциплине

##### «Химическая технология»

1. Материальный баланс в технологических процессах
2. Энергетический баланс в технологических процессах.
3. Основы водоподготовки в химическом производстве.
4. Производство серной кислоты, из разных сырьевых источников.
5. Технология связанного азота.
6. Нефть и нефтепродукты. Схемы переработки нефти на моторное топливо.
7. Технология твердого топлива.
8. Технология производства глинозема.
9. Электрохимическое производство алюминия.
10. Производство хлора.
11. Производство  $NaOH$ .
12. Особенности размещения производств с высоким потреблением электроэнергии.
13. Галургические процессы на примере получения  $KCl$ .
14. Флотация и обогащение пирита и получение  $KCl$ .
15. Технология производства ацетилена.

16. Технология производства этилового спирта.
17. Технология производства высших спиртов.
18. Технология производства органических кислот.
19. Основные технологические показатели .
20. Проблемы экологии.

**2. Примеры экзаменационных билетов по дисциплине  
«Химическая технология» (Без задач)  
(6 семестр)**

**Билет №1**

1. Серная кислота, свойства и применение. Получение серной кислоты из железного колчедана.
2. Ацетилен. Карбидный способ получения

**Билет №2**

3. Азотная кислота, свойства и применение. Получение разбавленной азотной кислоты.
4. Нефть. Химическая переработка нефти. Крекинг и риформинг.

**Шкала оценивания выполнения индикаторов:**

Индикатор считается выполненным, если либо во время текущей, либо промежуточной аттестации студент набрал как минимум пороговое количество баллов за те виды активности, которые отвечают за данный индикатор.

№	Индикатор	Текущая аттестация		Промежуточная аттестация (экзамен)	
		Порог	Максимум	Порог	Максимум
1	ОПК-1.3	20	60	20	40

ОПК-2.1				
ОПК-2.4				
ОПК-3.1				
ОПК-3.2				
ОПК-6.1				

### **Шкала и критерии выставления оценок за дисциплину:**

Шкала и критерии выставления оценок «отлично», «хорошо», «удовлетворительно» и «неудовлетворительно» описаны в локальной нормативной документации Тверского государственного университета (Положение о рейтинговой системе обучения студентов ТвГУ). Положительная оценка может быть выставлена только в том случае, если выполнены все индикаторы.

V. Перечень основной и дополнительной учебной литературы, необходимой для освоения дисциплины:

1.

а) Основная литература:

1. Пугачев В. М. Химическая технология: учебное пособие // Кемерово: Кемеровский государственный университет, 2014, с. [https://biblioclub.ru/index.php?page=book\\_view\\_red&book\\_id=278505](https://biblioclub.ru/index.php?page=book_view_red&book_id=278505)

б) Дополнительная литература:

1. Гвоздовский В. И. Промышленная экология: учебное пособие: в 2-х ч. - Самара : Самарский государственный архитектурно-строительный университет, 2008. - Ч. 1. Природные и техногенные системы. - 270 с. - [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=143903>

2. Брянкин К. В. , Леонтьева А. И. , Орехов В. С. Общая химическая технология : в 2-х ч., Ч. 2 // Тамбов: Издательство ФГБОУ ВПО «ТГТУ», 2012, 172с Режим доступа:

[https://biblioclub.ru/index.php?page=book\\_red&id=277912&sr=12](https://biblioclub.ru/index.php?page=book_red&id=277912&sr=12).

#### **Программное обеспечение**

а) Лицензионное программное обеспечение:

- Microsoft Office профессиональный плюс 2013
  - Microsoft Windows 10 Enterprise
    - HyperChem

б) Свободно распространяемое программное обеспечение

- Google Chrome

#### **3. Современные профессиональные базы данных и информационные справочные системы**

- ЭБС «ZNANIUM.COM» [www.znanium.com](http://www.znanium.com);
- ЭБС «Университетская библиотека онлайн» <https://biblioclub.ru/>;
  - ЭБС «Лань» <http://e.lanbook.com>

#### **4. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», необходимых для освоения дисциплины**

1. Виртуальная образовательная среда ТвГУ (<http://moodle.tversu.ru>)
2. Научная библиотека ТвГУ (<http://library.tversu.ru>)

#### **VI. Методические материалы для обучающихся по освоению дисциплины**

##### **Программа дисциплины «Химическая технология»**

##### **Общие вопросы химической технологии**

Роль и масштабы использования химических процессов в различных сферах материального производства. Сырьевая и энергетическая база химических производств. Тенденции развития техносферы и возрастающее значение проблем ресурсо- и энергосбережения, обеспечения безопасности химических производств, защиты окружающей среды.

Химическое производство как сложная система. Основные этапы создания химико-технологических систем (ХТС); принципы и общая стратегия системного подхода. Структурная иерархия технологических систем: молекулярные процессы – макрокинетика – аппараты – производства – глобальные проблемы развития техносферы. Роль математического моделирования в решении задач проектирования и эксплуатации ХТС.

Фундаментальные критерии эффективности использования сырья и энергоресурсов в ХТП. Интегральные уравнения баланса материальных потоков в технологических системах. Показатели расхода различных видов сырья; относительный выход продукта. Интегральные уравнения баланса потоков энергии. Сопоставление масштабов изменения различных форм энергии в типовых процессах. Коэффициенты преобразования энергии. Термодинамическая неравноценность различных форм энергии; термодинамическая шкала качества тепловой энергии. Интегральное уравнение баланса энтропии; рост энтропии в технологическом процессе. Основные источники производства энтропии в технологических процессах; общее выражение скорости производства энтропии через потоки субстанций и их движущие силы. Основные направления повышения эффективности использования сырьевых и энергетических ресурсов. Комплексное использование сырья. Энерготехнологические схемы и их сущность.

Критерии интенсивности ХТП и компактности технологических устройств. Конкурирующий характер показателей интенсивности (компактности) и термодинамического совершенства. Фундаментальный характер проблем управления абсолютными скоростями процессов.



**Химическая технология и материаловедение.** Современная систематика материалов по составу, свойствам и функциональному назначению. Материалы как важная категория продуктов химической технологии. Воспроизводимость свойств материалов как ключевая проблема материаловедения. Функциональные материалы в химической технологии: катализаторы, адсорбенты, электроды, мембраны, сенсоры и др. Параметры ныне применяемых функциональных материалов и прогнозируемые характеристики. Ресурс функциональных материалов - один из важнейших критериев их использования в технологии. Конструкционные материалы как фактор, лимитирующий применение экстремальных физических воздействий в технологии. Химическое сопротивление металлических и неметаллических материалов. Методы защиты металлов и сплавов от коррозии. Основные виды неметаллических конструкционных материалов. Роль новых материалов в синтезе эффективных технологических схем и интенсификации технологических процессов.

**Экономические показатели эффективности химических производств.** Техничко-экономические особенности химической промышленности. Основные производственные фонды, оборотные средства и трудовые ресурсы производств. Критерии эффективности их использования. Структура затрат на производство и реализацию продукции. Себестоимость продукции, прибыль и ценообразование в химической промышленности. Оценка эффективности инвестиционных проектов.

### **Структура и технологические схемы химических производств**

Статистические данные о масштабах мирового производства важнейших групп химических продуктов в тоннажном и стоимостном выражении, удельном энергопотреблении, стоимости и сроках службы основных видов оборудования. Прогнозные данные о сырьевом обеспечении крупномасштабных промышленных химических процессов, включая

переработку первичных энергоресурсов во вторичные, производство металлов и полимерных материалов, минеральных удобрений, серной кислоты и т.д. Общие сведения об основных источниках промышленных отходов и выбросов, их воздействие на окружающую среду

Сложность и многовариантность решения задачи синтеза и оптимизации технологической схемы крупного химического производства. Принцип многостадийного осуществления химического преобразования исходного сырья в конечные продукты с оптимальным варьированием вдоль траектории процесса температуры и давления, точек ввода реагентов и вывода побочных продуктов химических превращений, использованием вспомогательных рабочих веществ селективного действия (катализаторов, абсорбентов и т.д.), организацией местных рециклов материальных потоков. Структурная организация процессов теплообмена и вспомогательных потоков теплоносителей в современных технологических системах, направленная на утилизацию теплоты (термической эксергии) экзотермических стадий процесса при проведении его эндотермических стадий. Необходимость оптимизации не отдельных стадий, а технологической схемы производства в целом. Вода как сырье и компонент химических производств; процессы водоподготовки и подсистемы водооборота в промышленности. Подсистемы контроля и управления технологическими процессами. Виды технологического анализа на химических предприятиях. Перспективы использования суперкомпьютеров для анализа динамического поведения многоступенчатых технологических систем и оптимального управления действующими производствами.

### **Технология азота**

Ключевое значение технологии связывания атмосферного азота в производстве продовольствия. Структура современного производства аммиака из природного газа: основные блоки и связи. Гибкое использование гетерогенных катализаторов в многоступенчатой схеме приготовления и очистки азотоводородной смеси. Наиболее важные схемные решения,

направленные на энергосбережение: сопряжение эндотермической реакции конверсии метана и экзотермических процессов окисления топлива в шахтном реакторе; последовательное снижение температуры на стадиях конверсии оксида углерода; распределенный по высоте абсорбера ввод абсорбента (раствора МЭА) с различной степенью регенерации и соответственно распределенный отвод регенерированного раствора из десорбера; инфраструктура потоков теплоносителей - воды и пара. Особенности циркуляционной схемы синтеза аммиака; физико-химические основы выбора оптимальной схемы синтеза аммиака; профилирование температуры по высоте колонны синтеза. Утилизация "продувочных" газов. Оценка потерь эксергии и капитальных затрат на различных стадиях производства аммиака и современные тенденции в его оптимизации.

Структура и основные особенности современной технологической схемы производства азотной кислоты. Физико-химические основы и аппаратное оформление процессов селективного каталитического окисления аммиака, окисления оксидов азота и их абсорбции. Схемы каталитического обезвреживания отходящих газов. Причины низкой эксергетической эффективности производства азотной кислоты.

Производство нитрата аммония. Использование теплоты нейтрализации.

Производство карбамида.

Перспективы биотехнологии в решении проблемы фиксации азота в почвах.

### **Переработка фосфорсодержащего сырья**

Виды фосфорсодержащего сырья: апатиты и фосфориты, мировые запасы и основные месторождения. Различия минералогического состава и свойств, определяющие выбор способа технологической переработки: кислотного, термического, гидротермического, плазмохимического. Механохимическая активация фосфорсодержащего сырья.

Современное состояние производства и потребления фосфора и фосфорных кислот. Экстракционная кислота как основа производства минеральных

удобрений. Электротермический способ получения элементарного фосфора и термической фосфорной кислоты.

Физико-химические основы разложения природных фосфатов серной, азотной и фосфорной кислотами. Политермический анализ фазовых равновесий в растворах многокомпонентных систем - основа выбора технологических параметров процесса комплексной переработки апатита. Дегидратный, полугидратный и ангидритный способы разложения. Совершенствование аппаратного оформления процесса: переход от каскада реакторов с перемешиванием к лабиринтному типу непрерывного экстрактора. Фильтрация и отмывка фосфогипса. Состав и концентрация образующейся фосфорной кислоты в зависимости от температуры и способа разложения апатита. Выделение и утилизация фтористых газов. Баланс по фтору в производстве фосфорной кислоты и удобрений.

Производство экстракционной фосфорной кислоты и удобрений – основной потребитель мирового производства серной кислоты. Современное состояние производства серной кислоты из различных видов сырья (природная сера, колчедан, серосодержащие отходящие газы переработки полиметаллических руд, сера и сероводород из нефтей и природного газа). Фосфогипс - отход производства экстракционной фосфорной кислоты - потенциальный источник сырья для получения серной кислоты и построения замкнутых циклов в производстве удобрений.

### **Каталитические процессы нефтепереработки**

Мировые запасы нефти, основные показатели распространенности и потребления нефти по странам. Дефицит нефти. Основные целевые продукты нефтепереработки. Первичные и вторичные процессы нефтепереработки. Глубокая переработка нефти с использованием каталитических процессов - основа ресурсосбережения и получения высококачественных моторных топлив, смазочных масел и широкого ассортимента сырья для нефтехимического и микробиологического синтеза.

Каталитический крекинг - важнейший многотоннажный технологический процесс переработки нефтяных фракций. Химические основы процесса и целевые продукты. Многовариантный состав керосино-газойлевых фракций - основного сырья процесса каталитического крекинга и методы его подготовки (гидрообессеривание и гидроочистка).

Алюмосиликатные катализаторы крекинга (от природных глин до современных цеолитсодержащих синтетических катализаторов). Роль аморфной алюмосиликатной матрицы. Синергизм в системе цеолит - матрица. Гибкость процесса по сырью за счет целенаправленного модифицирования катализатора (введение матрицы, полизарядных катионов, ультрастабилизация), придание устойчивых механических и гидромеханических свойств (микросферизация, введение баритов и пр.). Изменение свойств катализатора (активности и селективности) в процессе крекинга и необходимость регенерации катализатора. Роль процессов массопереноса в осуществлении каталитического крекинга.

Эволюция технологического оформления процесса каталитического крекинга: стационарный слой катализатора, псевдооживленный слой микросферного катализатора, движущийся слой гранулированного катализатора, движущийся слой шарикового катализатора с соосным расположением реактора и регенератора с пневмотранспортом, крекинг в лифт-реакторе с дожигом CO в CO<sub>2</sub> и улавливанием сернистых соединений в регенераторе.

Основные технологические параметры современного процесса: температура, давление, объемная скорость подачи сырья, кратность циркуляции катализатора и его характеристика. Влияние массовых потоков в реакторе и регенераторе на устойчивость температурных режимов каталитического крекинга и эффективность процесса в целом. Совершенствование процесса: повышение активности и прочности катализаторов, каталитического крекинга с другими каталитическими процессами - применение схем с полусквозным потоком катализатора, сопряжение каталитический реформинг, платформинг, висбрекинг и др.

## **Электрохимическое производство хлора и каустической соды**

Физико-химические основы процесса электролиза водных растворов и расплавов хлоридов щелочных металлов. Баланс напряжения и расход электроэнергии на электролиз. Выход по току. Материальный и тепловой балансы электролизера. Основы теории переноса в диафрагмах и ионообменных мембранах. Распределение газосодержания в межэлектродном пространстве. Анализ влияния неоднородностей распределения тока и фильтрации электролита на выход по току побочных продуктов.

Типы промышленных электролизеров. Электролизеры с твердым катодом: диафрагменный и мембранный. Электролизер с ртутным катодом. Реактор для разложения амальгамы. Электролизер для электролиза расплавов хлоридов щелочных металлов.

Основные стадии производства хлора и каустической соды. Приготовление и очистка рассола. Электролиз водных растворов и расплавов. Физико-химические основы конденсации жидкого хлора. Осушка, компримирование и конденсация жидкого хлора. Хранение и транспортировка жидкого хлора. Осушка и перекачка водорода. Выпарка и плавка каустической соды. Экологические проблемы производства хлора и каустической соды.

### ***Техника безопасности при работе в химической лаборатории***

1. Необходимо точно выполнять все указания преподавателя и лаборанта. Строго воспрещается проводить работы, не предусмотренные планом.
2. Не разрешается в лаборатории находиться в верхней одежде. В лаборатории необходимо быть в халате.
3. На рабочем столе должны находиться только те предметы, которые нужны в данное время для работы.
4. Студентам не разрешается оставлять реактивы на своих рабочих местах.

5. Все опыты с ядовитыми, неприятно пахнущими веществами, а также с концентрированными кислотами и щелочами производить только в вытяжном шкафу.
6. Опыты с легко воспламеняющимися веществами необходимо производить вдали от огня.
7. При работе с металлическим натрием и другими щелочными металлами следует остерегаться воды. Обрезки щелочных металлов сдавать лаборанту и ни в коем случае не бросать в банки для мусора.
8. При нагревании растворов в пробирки всегда следует держать ее таким образом, чтобы отверстие пробирки было направлено в сторону от работающего, и его соседей по рабочему столу. Особенно важно соблюдать это в тех случаях, когда нагреваемой жидкостью являются концентрированные кислоты или растворы щелочей. Рекомендуется эти опыты производить в вытяжном шкафу.
9. Не наклонять лицо над нагреваемой жидкостью или сплавляемыми веществами во избежание попадания брызг на лицо.
10. Не следует вдыхать пахучие вещества, в том числе и выделяющиеся газы, близко наклоняясь к сосуду с этими веществами. Следует легким движением руки направить струю воздуха от отверстия сосуда к себе и осторожно вдохнуть.
11. Брать щелочь разрешается только шпателем, щипцами или пинцетом. Необходимо тщательно убирать остатки щелочи с рабочего места. Те же меры необходимо соблюдать при работе с фосфорным ангидридом.
12. При разбавлении концентрированных кислот, особенно серной, вливать кислоту в воду, а не наоборот.
13. Работу с ртутью производить на специальных подносах с высокими бортами.
14. Остатки соединений редких и ценных металлов сливать в особые банки (взять у лаборанта).

15. В раковину выливать только воду. Отходы следует сливать в специальные склянки.
16. Нельзя ничего пробовать на вкус.
17. Запрещается в лаборатории пить и употреблять пищу.

### ***Оказание первой помощи в лаборатории***

1. При попадании на кожу брызг кислоты или щелочи следует немедленно промывать сильной струей воды обожженное место в течение 5-10 минут. Затем обработать поверхность 2%-ным раствором гидрокарбоната натрия (при ожоге кислотой) или 1%-ным раствором уксусной кислоты (при ожоге щелочью).
2. Если кислота или щелочь попадут в глаза, то их немедленно нужно промыть водой, после чего разбавленным раствором питьевой соды (при попадании кислоты) или борной кислотой (при попадании щелочи).
3. При ожоге горячими предметами (стекло, металлы и т. п.) пораженное место следует смочить 1%-ным раствором перманганата калия.
4. При ожогах фосфором необходимо наложить на обожженное место повязку, смоченную 2%-ным раствором сульфата меди.
5. При отравлении хлором, бромом, сероводородом, окисью углерода необходимо вывести пострадавшего на воздух, а затем обратиться к врачу.
6. При отравлении соединениями мышьяка и ртути, а также цианистыми солями немедленно обратиться к врачу.

### **Лабораторные работы**

Лабораторная работа № 1. Исследование твердого топлива

Лабораторная работа № 2. Нефть и нефтепродукты

Лабораторная работа № 3. Комплексные удобрения.

Лабораторная работа № 4. Особенности электрохимических процессов

Лабораторные работы выполняются по методическим рекомендациям, имеющимся в лаборатории.

### **Методические рекомендации по организации самостоятельной работы**

Самостоятельная работа по дисциплине «Химическая технология» проводится с целью углубления и закрепления полученных в ходе лекционных занятий знаний и приобретение навыков пользования рекомендованной литературой, навыков научного исследования.

Самостоятельная работа начинается с работы над лекционным материалом. Она включает конспектирование лекций и последующую работу



над ними. При конспектировании лекции рекомендуется на каждой странице оставлять поля для последующих записей в дополнение к конспекту.

При работе над текстом лекции студенту следует обратить особое внимание на проблемные вопросы, поставленные преподавателем при чтении лекции, а так же на его задание и рекомендации.

### **Рекомендации по подготовке к контрольным работам экзамену**

Самостоятельное изучение дисциплины целесообразно начинать, ознакомившись с программой дисциплины и требованиями к минимуму содержания, знаниям и умениям по данной дисциплине. Уяснив общую структуру курса, ознакомившись с зачетными вопросами, можно переходить к его поэтапному изучению, привлекая для этого материалы лекций и рекомендованную учебную литературу.

Изучая дисциплину, необходимо добиться полного усвоения ее теоретических основ, научиться применять теоретические знания для решения практических задач. Содержание незнакомых терминов, встретившихся в процессе освоения учебного материала, можно выяснить при помощи справочной литературы. Более сложные вопросы уточняются на консультациях с преподавателем кафедры.

Следует четко знать определения, принципы, дополнять каждый теоретический вопрос соответствующими примерами и графиками.

#### ***Экзамен по дисциплине включает:***

- устный ответ на 2 экзаменационных вопроса;
- решение задачи
- результаты рейтинг-контроля.

При оценке устного ответа на экзаменационный вопрос принимается во внимание:

- 1) полнота, глубина освещения вопроса, логика и аргументированность изложения материала;
- 2) умение связывать теорию с практикой, применять полученные знания для анализа будущей деятельности;
- 3) умение иллюстрировать теоретические положения примерами;
- 4) культура речи.

В ходе экзамена преподаватель имеет право задавать дополнительные вопросы.

#### **Перечень вопросов для подготовки к экзамену**

1. Введение. Понятие о химической технологии, химико-технологическом процессе, технологической схеме. Технологические и технико-экономические показатели химического производства.
2. Сырье. Виды сырья, подготовка сырья к переработке.
3. Энергия. Виды и источники энергии, применяемые в ХТП. Коэффициент использования энергии.
4. Вода и ее применение в ХТП. Характеристика вод, требования к питьевой и промышленной воде. Водоподготовка.
5. Основные закономерности химической технологии. Классификация процессов, реакторов.
6. Равновесие в ХТП. Факторы, влияющие на скорость протекания процессов в гомогенных и гетерогенных системах.
7. Основы макрокинетики. Катализ в химической промышленности.
8. Производство серной кислоты. Физико-химические основы процесса. Принципиальная технологическая схема
9. Производство аммиака. Физико-химические основы процесса. Принципиальная технологическая схема
10. Производство азотной кислоты. Физико-химические основы процесса. Принципиальная технологическая схема
11. Фосфорные удобрения. Фосфатное сырье и методы его переработки.
12. Фосфор и фосфорная кислота. Свойства, физико-химические основы процессов. Принципиальные технологические схемы.
13. Суперфосфат. Физико-химические основы процесса. Принципиальные технологические схемы.
14. Двойной суперфосфат. Физико-химические основы процесса. Принципиальная технологическая схема.
15. Преципитат, кормовые и термические фосфаты.
16. Азотные удобрения. Классификация.
17. Производство аммиачной селитры. Физико-химические основы процесса. Принципиальная технологическая схема.
18. Производство карбамида. Физико-химические основы процесса. Принципиальная технологическая схема.
19. Производство сульфата аммония, нитрата кальция и натрия. Физико-химические основы процессов. Принципиальные технологические схемы.
20. Жидкие азотные удобрения.
21. Калийные удобрения. Классификация. Получение хлористого калия и сульфата калия. Физико-химические основы процессов. Принципиальные технологические схемы.
22. Биохимические производства

23. Электрохимические производства. Теоретические основы промышленного электролиза.
23. Производство хлора и гидроксида натрия.
24. Производство металлов. Основные способы производства металлов.
25. Черные металлы.
26. Производство чугуна.
27. Производство стали.
28. Алюминий и способы его получения
29. Производство силикатных материалов. Вяжущие средства.
30. Огнеупоры. Стекла
31. Химическая переработка топлив. Виды и характеристика топлив.
32. Переработка твердого топлива.
33. Переработка нефти и нефтепродуктов.
34. Переработка газообразного топлива
35. Промышленный органический синтез. Типовые процессы, применяемые в органическом синтезе.
36. Производство и переработка ацетилен, ацетальдегида. Синтез уксусной кислоты и уксусного ангидрида.
37. Производство метанола. Производство этанола.
38. Производство формальдегида.

## **VII. Материально-техническое обеспечение дисциплины**

В ходе изучения дисциплины используется приборная база для проведения физико-химического анализа, которым располагают лаборатории кафедры физической химии химико-технологического факультета.

## **VIII. Сведения об обновлении рабочей программы дисциплины**

№п.п.	Обновленный раздел рабочей программы дисциплины	Описание внесенных изменений	Реквизиты документа, утвердившего изменения
1.	Раздел I Аннотация.	Измены часы лекций и практических занятий согласно учебному плану на 2021-2022 уч. год	Протокол №11 от 28.04.21г. заседания ученого совета химико-технологического факультета
2.	Раздел V. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины	Дополнен список основной и дополнительной литературы	Протокол №11 от 28.04.21г. заседания ученого совета химико-технологического факультета