

Документ подписан простой электронной подписью

Информационный центр

ФИО: Максимов Алексей Борисович

Должность: директор департамента по образовательной политике

Дата подписания: 30.09.2025 12:08:14

Уникальный программный ключ

8db180d1a3f02ac9e60521a5672742735c18b1d6

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования  
МОСКОВСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ

Кафедра «Процессы и аппараты химической технологии»

УТВЕРЖДАЮ

декан факультета  
химической технологии и биотехнологии

 / Белуков С.В. /  
« 30 » августа 2021 г.

## РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

### «Общая химическая технология»

Направление подготовки  
20.03.01 «Техносферная безопасность»

Профиль  
Безотходные технологии химических и нефтехимических производств

Квалификация (степень) выпускника  
Бакалавр

Форма обучения  
Очная

Москва 2021

## 1. Цели освоения дисциплины

**Цель** изучения дисциплины «Общая химическая технология» – развитие у будущих инженеров технологического и экологического мышления, необходимого при разработке, конструировании и эксплуатации химического оборудования, машин и аппаратов.

Инженер должен уметь проектировать, конструировать и эксплуатировать технологическое оборудование химической промышленности и смежных с ней отраслей, особенно оборудование для защиты окружающей среды. Грамотное выполнение этой работы невозможно без знания технологических особенностей протекающих процессов, закономерностей выбора технологического режима, методов рационального использования сырьевых и топливно-энергетических ресурсов, экологических принципов.

Изучение учебной дисциплины направлено на подготовку обучающихся к осуществлению деятельности в соответствии с профессиональными стандартами, приведёнными в Приложении к федеральному государственному образовательному стандарту высшего образования - бакалавриат по направлению подготовки 20.03.01 Техносферная безопасность, утвержденному приказом Министерства науки и высшего образования Российской Федерации от 25 мая 2020 г. N 680.

## 2. Место дисциплины в структуре ООП бакалавриата

Учебная дисциплина «Общая химическая технология» относится к обязательной части учебного плана и изучается на 3-м курсе (5-й семестр).

Результаты освоения дисциплины «Общая химическая технология» являются базой для прохождения обучающимися производственной практики: технологической (проектно-технологической) и преддипломной.

## 3. Планируемые результаты обучения по дисциплине (модулю), соотнесенные с планируемыми результатами освоения образовательной программы

В результате освоения дисциплины (модуля) у обучающихся формируются следующие компетенции и должны быть достигнуты следующие результаты обучения как этап формирования соответствующих компетенций:

Код компетенции	В результате освоения образовательной программы обучающийся должен обладать	Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине
УК-1	Способен осуществлять поиск, критический анализ и синтез информации, применять системный подход для решения поставленных задач	<b>знать:</b> - характер воздействия опасных производственных факторов на человека, способы защиты от них, средства обеспечения безопасных условий жизнедеятельности на производстве; - основные закономерности протекания химико-технологических процессов, основы теории химических процессов и реакторов, принципы разработки технологических схем химических производств на основе системного подхода; <b>уметь:</b>

		<ul style="list-style-type: none"> <li>- выбирать технологический режим и аппаратное оформление для проведения отдельных стадий и процесса в целом, проводить анализ альтернативных вариантов технологических схем на основе комплексной оценки разрабатываемых химико-технологических процессов и с учетом необходимости рационального использования сырья, энергии, вторичных материальных и энергетических ресурсов, высокой технико-экономической эффективности, инженерной и экологической безопасности;</li> <li>- обеспечивать безопасность жизнедеятельности при осуществлении профессиональной деятельности и в быту;</li> </ul> <p><b>владеть:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- основами применения технических систем;</li> <li>- основными принципами создания безопасных для окружающей среды процессов и производств;</li> </ul>
ОПК-1	Способен учитывать современные тенденции развития техники и технологий в области техносферной безопасности, измерительной и вычислительной техники, информационных технологий при решении типовых задач в области профессиональной деятельности, связанной с защитой окружающей среды и обеспечением безопасности человека	<p><b>знать:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- характер воздействия опасных производственных факторов на человека, способы защиты от них, средства обеспечения безопасных условий жизнедеятельности на производстве;</li> <li>- методы классификации опасных факторов среды, их свойства и характеристики;</li> </ul> <p><b>уметь:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- прогнозировать возможные риски появления опасных и чрезвычайных ситуаций в организации;</li> <li>- обеспечивать безопасность жизнедеятельности при осуществлении профессиональной деятельности и в быту;</li> </ul> <p><b>владеть:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- основными терминами и понятиями в сфере безопасности;</li> <li>- методами защиты в условиях чрезвычайных ситуаций, качественного и количественного анализа опасностей, формируемых в процессе взаимодействия человека со средой обитания, а также стихийных бедствий и катастроф с оценкой риска их проявления;</li> </ul>

#### 4. Структура и содержание дисциплины

Общая трудоемкость дисциплины составляет **5** зачетных единиц, т. е. **180 академических часов**, из них аудиторных – 108 часов (54 – лекции, 54 – практические занятия) и самостоятельная работа – 72 часа. Форма промежуточной аттестации – зачёт (3-й семестр), курсовой проект (4-й семестр), экзамен (4-й семестр).

Структура и содержание дисциплины «Общая химическая технология» по срокам и видам работы отражены в Приложении 1.

## 5. Содержание разделов дисциплины

### 3-й семестр

#### ЛЕКЦИИ

**Тема 1. Введение. Химическая технология как наука.** Предмет и содержание курса. Краткие сведения об истории развития. Основные понятия и определения. Химико-технологическая система (ХТС). Принципы создания ХТС. Химико-технологический процесс, его структура, технологический режим.

**Тема 2. Критерии эффективности технологических процессов:** экономические, технологические, экологические. Классификация химических реакций. Основные понятия и принципы системного подхода при исследовании и описании химических процессов.

**Тема 3. Химический процесс на молекулярном уровне: использование физико-химических закономерностей** (стехиометрических, термодинамических) при моделировании химического процесса и выборе технологического режима.

**Тема 4. Химический процесс на молекулярном уровне: использование кинетических закономерностей** при описании химического процесса и выборе технологического режима. Скорость сложных химических реакций. Зависимость скорости сложных химических реакций от концентрации и температуры.

**Тема 5. Химический процесс на макроуровне.** Балансовые уравнения - основа математической модели химического процесса, структура балансовых уравнений. Уравнение материального баланса для элементарного объема химического реактора. Классификация реакторов по различным признакам.

**Тема 6. Модели изотермических реакторов** для проведения гомогенных процессов с идеальной структурой потока.

Реактор идеального смешения. Анализ допущений модели идеального смешения. Разновидности режимов работы реактора идеального смешения.

Реактор идеального смешения периодического действия; уравнение материального баланса и расчеты на его основе.

Проточный реактор идеального смешения в стационарном режиме. Уравнение материального баланса и расчеты на его основе.

**Тема 7. Графическая интерпретация численных методов определения концентрации реагента на выходе из проточного реактора идеального смешения.**

Реактор идеального вытеснения. Анализ допущений модели. Уравнение материального баланса и расчеты на его основе.

Сравнение моделей реакторов идеального смешения и идеального вытеснения по времени пребывания и выходу продукта.

**Тема 8. Реакторы с неидеальной структурой потока.** Причины отклонения от идеальной структуры потока в реальных реакторах, способы учета этих отклонений. Ячеечная модель (каскад реакторов идеального смешения) допущения модели, методы расчета.

**Тема 9. Однопараметрическая диффузионная модель,** допущения модели, уравнение материального баланса.

Учет теплопереноса в химических реакторах. Классификация режимов работы химических реакторов. Уравнение теплового баланса.

#### ПРАКТИЧЕСКИЕ ЗАНЯТИЯ

На практических занятиях по дисциплине осуществляется решение задач по конкретной тематике.

### **1. Введение. Химическая технология как наука.**

Принципы создания ХТС. Структурные, принципиальные и технологические схемы.

### **2. Критерии эффективности технологических процессов.**

Технологические критерии эффективности: степень превращения, выход продукта, селективность, производительность, интенсивность.

### **3. Химический процесс на молекулярном уровне: использование физико-химических закономерностей.**

Равновесие химических реакций, расчёт равновесной степени превращения. Выражение констант равновесия через различные единицы измерения концентраций.

### **4. Химический процесс на молекулярном уровне: использование кинетических закономерностей.**

Расчёт скоростей химических реакций. Скорость сложных химических реакций: зависимость их от концентраций взаимодействующих веществ и от температуры.

### **5. Химический процесс на макроуровне.**

Балансовые уравнения для различных типов химических реакторов.

### **6. Модели изотермических реакторов.**

Решение задач на реактор идеального смешения: периодического действия и проточный реактор идеального смешения в стационарном режиме

идеального смешения в стационарном режиме

### **7. Графическая интерпретация численных методов определения концентрации реагента на выходе из проточного реактора идеального смешения.**

А также решение задач на реактор идеального вытеснения. Решение задач на сравнение реакторов идеального смешения и идеального вытеснения по времени пребывания и выходу продукта.

### **8. Реакторы с неидеальной структурой потока.**

Задачи на ячеечную модель (каскад реакторов идеального смешения), методы расчета.

### **9. Однопараметрическая диффузионная модель.**

Уравнение материального баланса, его решение для конкретного случая. Уравнение теплового баланса для непрерывного реактора идеального смешения.

## **Промежуточная аттестация (зачёт)**

1. Химические реакторы как элементы химико-технологических.
2. Степень превращения, селективность и выход продукта, производительность, интенсивность – основные технологические критерии химического процесса.
3. Основные принципы и особенности моделирования. Уравнение материального баланса для элементарного объёма химического реактора.
4. Классификация химических реакторов и режимов их работы по различным признакам с целью облегчения моделирования и расчётов на основе полученных моделей.
5. Модель изотермического реактора идеального смешения для проведения гомогенного процесса.
6. Анализ допущений модели идеального смешения.
7. Разновидности режимов работы реактора идеального смешения.
8. Реактор идеального смешения периодического действия; уравнение материального баланса и расчёты на его основе.
9. Проточный реактор идеального смешения в стационарном режиме: уравнение материального баланса и расчёты на его основе.
10. Графическая интерпретация численных методов определения концентрации реагента на выходе из проточного реактора идеального смешения.
11. Модель изотермического реактора идеального вытеснения для проведения гомогенного процесса.
12. Анализ допущений модели идеального вытеснения.
13. Уравнение материального баланса реактора идеального вытеснения и расчёты на его основе.
14. Сравнение моделей реакторов идеального смешения и идеального вытеснения; анализ их применимости к описанию процессов в реальных химических реакторах.

15. Сравнение технологической эффективности проточных реакторов идеального смешения и идеального вытеснения.
16. Модели изотермических реакторов с неидеальной структурой потока для проведения гомогенных процессов.
17. Анализ причин отклонений от идеальной структуры потока в реальных проточных реакторах. Способы учёта этих отклонений в моделях реакторов с неидеальной структурой потока.
18. Понятие о параметре модели.
19. Ячеечная модель (каскад реакторов идеального смешения). Анализ допущений ячейочной модели, структура модели.
20. Методы расчёта на основе ячейочной модели.
21. Однопараметрическая диффузионная модель проточного реактора. Анализ допущений диффузионной модели. Уравнение материального баланса: анализ граничных условий, диффузионный критерий Пекле.
22. Распределение времени пребывания в реакторах непрерывного действия.
23. Функция распределения времени пребывания.
24. Экспериментальное изучение функций распределения времени пребывания для реакторов, описываемых моделями идеального смешения, идеального вытеснения, ячейочной и диффузионной.
25. Учёт теплопереноса в химических реакторах.
26. Классификация режимов работы химических реакторов.
27. Уравнение теплового баланса.

#### 4-й семестр

#### ЛЕКЦИИ

**Тема 10. Совместное решение системы уравнений материального и теплового балансов для стационарного адиабатического реактора идеального смешения. Тепловая устойчивость.**

**Тема 11. Оптимальный температурный режим проведения химических реакций. Линия оптимальных температур. Анализ способов приближения к линии оптимальных температур и их реализация.**

**Тема 12. Гетерогенные процессы, области их протекания. Лимитирующая стадия и ее свойства. Гетерогенные процессы в системе «газ – твердое». Кинетические модели.**

Анализ модели с фронтальным перемещением зоны реакции. Коэффициент массопередачи гетерогенного процесса, включающего поверхностную химическую реакцию первого порядка.)

**Тема 13. Катализ. Гетерогенно-каталитические процессы: химизм, характеристики, свойства катализатора.**

**Тема 14. Основные принципы организации малоотходных технологических процессов.**

**Тема 15. Технология связанного азота. Получение синтез-газа для производства аммиака и метанола. Синтез аммиака.**

**Тема 16. Синтез метанола.**

**Тема 17. Технология азотной кислоты.**

**Тема 18. Технология серной кислоты.**

#### ПРАКТИЧЕСКИЕ ЗАНЯТИЯ

На практических занятиях по дисциплине осуществляется решение задач по конкретной тематике.

#### 4 семестр

**10. Совместное решение системы уравнений материального и теплового балансов для стационарного адиабатического реактора идеального смешения.**

Решение задач на тепловую устойчивость.

### **11. Оптимальный температурный режим проведения химических реакций.**

Конкретные примеры способов приближения к линии оптимальных температур, их оценка.

### **12. Гетерогенные процессы, области их протекания.**

Решение задачи по определению лимитирующей стадии гетерогенного процесса при наличии поверхностной химической реакции первого порядка.

### **13. Катализ. Гетерогенно-каталитические процессы.**

Оценка активности катализатора.

### **14. Основные принципы организации малоотходных технологических процессов.**

Рассмотрение практических примеров реализации технологических процессов.

### **15. Технология связанного азота.**

Основные этапы расчёта оборудования на отдельных стадиях процесса синтеза аммиака.

### **16. Синтез метанола.**

Основные этапы расчёта оборудования на отдельных стадиях процесса синтеза метанола.

### **17. Технология азотной кислоты.**

Основные этапы расчёта оборудования на отдельных стадиях процесса получения азотной кислоты под давлением.

### **18. Технология серной кислоты.**

Основные этапы расчёта оборудования на отдельных стадиях процесса получения серной кислоты.

## **Курсовой проект**

Курсовой проект посвящен анализу технологической схемы и аппаратурно-технологического оформления конкретного химического производства или отдельного узла этой схемы. Основная цель – определение конкретных габаритных (расчётных) размеров основного оборудования, применяемого на конкретной технологической стадии химико-технологического производства. Курсовой проект включает в себя описание конкретного химико-технологического процесса, технологическую схему производства (или отдельной стадии), схему конкретного оборудования для расчёта, расчёт этого конкретного аппарата, эскиз (чертёж) этого конкретного аппарата с указанием основных размеров.

### ***Примерный перечень тем курсовых проектов:***

9. Производство серной кислоты контактным способом:
  - 1) получение  $\text{SO}_2$  при обжиге колчедана и/или при горении серы:
    - a) расчёт печи обжига колчедана;
    - b) расчёт котла-утилизатора;
  - 2) расчёт контактного аппарата на стадии каталитического окисления диоксида серы;
  - 3) расчёт сушильной башни;
  - 4) расчёт абсорбера для поглощения  $\text{SO}_3$ .
2. Окисление оксида азота в производстве азотной кислоты.
3. Конверсия природного газа при получении технологических газов для синтеза аммиака.
4. Конверсия оксида углерода в процессе получения технологических газов для производства аммиака.
5. Синтез аммиака.
6. Синтез хлористого водорода.
7. Абсорбция хлористого водорода.
8. Синтез метанола.
9. Дегидрохлорирование ДХЭ.
10. Производство фосфорной кислоты.
11. Очистка промышленных газов метанолом.
12. Очистка промышленных (дымовых) газов растворами моноэтаноламина.
13. Регенерация раствора моноэтаноламина при очистке газов от диоксида углерода.
14. Расчет реактора каталитической очистки хвостовых нитрозных газов в производстве азотной

кислоты.

15. Метановый процесс восстановления серы из отходящих серосодержащих газов.
16. Расчёт допустимого состава сточных вод.
17. Очистка сточных вод известковым способом.
18. Опреснение морской воды.
19. Очистка сточных вод гальванических производств методом выпаривания.
20. Реакции в замороженных растворах.
21. Колонна низкотемпературного разделения воздуха.

### Промежуточная аттестация (экзамен)

1. Анализ совместного решения системы уравнений материального и теплового балансов для стационарного адиабатического реактора идеального смешения при проведении необратимых и обратимых эндо- и экзотермических реакций.
2. Тепловая устойчивость и параметрическая чувствительность.
3. Оптимальный температурный режим проведения химических реакций. Зависимость скорости реакций от температуры и степени превращения. Рекомендации по выбору температурного режима для необратимых и обратимых эндо- и экзотермических реакций.
4. Построение линии оптимальных температур для проведения обратимых экзотермических реакций.
5. Анализ способов приближения к линии оптимальных температур и их реализация.
6. Гетерогенные некаталитические процессы в системе «газ – твёрдое вещество».
7. Кинетические модели гетерогенных химических процессов.
8. Многостадийность гетерогенных процессов.
9. Диффузионные и кинетические области протекания гетерогенных процессов.
10. Анализ модели с фронтальным перемещением зоны реакции: стадии процесса; уравнения, описывающие скорость отдельных стадий. Лимитирующая стадия гетерогенного процесса и её свойства.
11. Коэффициент массопередачи гетерогенного процесса, включающего поверхностную химическую реакцию первого порядка.
12. Способы определения лимитирующей стадии гетерогенного процесса.
13. Вывод расчётных зависимостей между временем пребывания в реакторе и степенью превращения твёрдого реагента для случая одиночной твёрдой частицы в различных (внешнедиффузионной, внутридиффузионной и кинетической) областях протекания гетерогенного процесса (модель с фронтальным перемещением зоны реакции).
14. Основные типы реакторов для проведения гетерогенных процессов в системе «газ – твёрдое вещество».
15. Гетерогенно-каталитические процессы. Природа катализа. Основные виды катализа.
16. Основные стадии и кинетические особенности гетерогенно-каталитических процессов.
17. Влияние на общую скорость каталитической реакции массопередачи через газовую фазу к поверхности катализатора.
18. Основные типы реакторов для гетерогенно-каталитических процессов.
19. Оценка активности катализатора.
20. Основные принципы организации малоотходных технологических процессов.
21. Технология связанного азота. Отдельные стадии процесса синтеза аммиака. Физико-химические особенности и аппаратное оформление.
22. Синтез метанола. Отдельные стадии процесса. Физико-химические особенности и аппаратное оформление.
23. Технология азотной кислоты. Отдельные стадии процесса. Физико-химические особенности и аппаратное оформление.
24. Технология серной кислоты. Отдельные стадии процесса. Физико-химические особенности и аппаратное оформление.



## **6. Образовательные технологии**

При изучении курса используются следующие образовательные технологии:

- **лекции** с применением мультимедийных средств, лекции-презентации.
- **практические занятия:**

- с применением компьютерных технологий и студенческих презентаций;
- при проведении занятий в аудитории решение задач проводится с мелом у доски:

преподавателем при разборе примеров, студентами при самостоятельном решении задач по тематике занятия.

## **6. Оценочные средства для текущего контроля успеваемости, промежуточной аттестации по итогам освоения дисциплины и учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы студентов**

В процессе обучения используются следующие оценочные формы самостоятельной работы студентов, оценочные средства текущего контроля успеваемости и промежуточных аттестаций:

1. Текущий контроль (осуществляется лектором и/или преподавателем, ведущим практические занятия):

- промежуточное тестирование по отдельным разделам (темам) дисциплины (при проведении занятий с применением дистанционных технологий, например, на платформе LMS Московского Политеха).

2. Промежуточный контроль: зачет в устной форме (3 семестр).

При проведении тестирования на платформе LMS Московского Политеха по результатам прохождения всех тестов на 60 % и более по каждому тесту возможен учёт данного рейтинга для оценки работы студента «зачтено» по результатам.

4. Курсовой проект (4 семестр): выполнение его и защита.

3. Промежуточный контроль: экзамен в устной форме (4 семестр).

При проведении тестирования на платформе LMS Московского Политеха по результатам прохождения всех тестов на 60 % и более по каждому тесту возможен учёт данного рейтинга для оценки работы студента «зачтено» по результатам.

Образцы контрольных вопросов и заданий для проведения текущего контроля, экзаменационных билетов, приведены в Приложении 2.

### **Описание показателей и критериев оценивания компетенций, формируемых по итогам освоения дисциплины (модуля), описание шкал оценивания.**

Показателем оценивания компетенций на различных этапах их формирования является достижение обучающимися планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю).

Шкалы оценивания результатов промежуточной аттестации и их описание:

**Форма промежуточной аттестации – зачёт.**

Промежуточная аттестация обучающихся в форме зачёта проводится по результатам выполнения всех видов учебной работы, предусмотренных учебным планом по данной дисциплине (модулю), при этом учитываются результаты текущего контроля успеваемости в течение семестра. Оценка степени достижения обучающимися планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю) проводится преподавателем, ведущим занятия по дисциплине (модулю) методом экспертной оценки. По итогам промежуточной аттестации по дисциплине (модулю) выставляется оценка «зачтено» или «не зачтено».

К промежуточной аттестации допускаются только студенты, выполнившие все виды учебной работы, предусмотренные рабочей программой по дисциплине.

**Фонды оценочных средств представлены в Приложении 2 к рабочей программе.**

## 7. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины.

### а) основная литература:

1. Игнатенков, В.И. Общая химическая технология: примеры, задачи: учебное пособие для вузов / В.И. Игнатенков. – 2-е изд. – М.: Изд-во Юрайт, 2022. – 195 с. Текст: электронный // Образовательная платформа «Юрайт» — URL: <https://urait.ru/book/obschaya-himicheskaya-tehnologiya-teoriya-primery-zadachi-489904>
2. Общая химическая технология. Ч.1. Химические процессы и реакторы: учебное пособие /— Томск: Томский политехнический университет, 2019. — 187 с. — Текст: электронный // Электронно-библиотечная система IPR BOOKS: [сайт]. — URL: <https://www.iprbookshop.ru/96108.html> (дата обращения: 09.01.2022). — Режим доступа: для авториз. пользователей.
3. Закгейм А.Ю. Общая химическая технология. Введение в моделирование химико-технологических процессов: учебное пособие / Закгейм А.Ю. — М.: Логос, 2014. — 304 с. — ISBN 978-5-98704-497-1. — Текст: электронный // Электронно-библиотечная система IPR BOOKS : [сайт]. — URL: <https://www.iprbookshop.ru/66419.html> (дата обращения: 09.01.2022). — Режим доступа: для авториз. пользователей.

### б) дополнительная литература:

1. Кутепов А.М., Бондарева Т.И., Беренгартен М.Г. Общая химическая технология: Учебник для вузов. –М.: ИКЦ «Академкнига», 2003-2021. – 528 с.
2. Вязьмин А.В. Расчёты химико-технологических процессов: теория и практика [Электронный ресурс]: Учебное пособие / А.В. Вязьмин, Ю.Г. Пикулин. – М.: МИРЭА-РТУ, 2019. – 1 электрон. опт. диск (CD-ROM).
3. Пикулин Ю.Г. Расчёты химико-технологических процессов: Учебное пособие / Ю.Г. Пикулин, Б.Б. Еремеев. – М.: МГУИЭ, 2006. – 128 с.
4. Химическая технология и основы промышленной экологии: Лабораторный практикум / Под ред. Т.И. Бондаревой, Ю.Г. Пикулина. – 4-е изд. испр. и доп. – М.: МГУИЭ, 2006. – 188 с. ISBN 5-9513-0099-1.
5. Беренгартен, М.Г. Общая химическая технология [Электронный ресурс]: учебник / М.Г. Беренгартен, Ю.Г. Пикулин. – Электрон. дан. и прогр. – Краснодар: Издательство «Новация» (ИП Кабанов В.Б.), 2021. – 1 эл. опт. диск (CD-ROM). ISBN 978-5-00179-064-8, госрегистрация № 0322101438 (13.05.2021 г.) – экземпляр на кафедре.
6. Пикулин, Ю.Г. Технологические процессы и производства. Химическая промышленность [Электронный ресурс]: учебник / Ю.Г. Пикулин. – Электрон. дан. и прогр. – Краснодар: Издательство «Новация» (ИП Кабанова Ю.И.), 2020. – 1 эл. опт. диск (CD-ROM). ISBN 978-5-907222-72-4, госрегистрация № 0322001096 (май 2020 г.) – экземпляр на кафедре.
7. Смирнов Н.Н., Волжинский А.И., Плесовских В.А. Химические реакторы в примерах и задачах. С-Пб.: Химия, 1994. – экземпляр на кафедре.

### в) программное обеспечение и интернет-ресурсы:

Программное обеспечение не предусмотрено.

## 8. Материально-техническое обеспечение дисциплины

Для проведения лекционных занятий необходима аудитория, оснащенная компьютером, экраном и видеопроектором. Также в аудитории должна быть меловая доска. Для проведения практических занятий необходима меловая доска и – желательно – чтобы в аудитории были компьютер, экран и видеопроектор.

## 9. Методические рекомендации для самостоятельной работы студентов

По основным темам программы читаются лекции, а по узловым темам проводятся практические занятия. Вместе с тем, следует учитывать, что успешное усвоение курса невозможно без активной самостоятельной работы. Время, необходимое на самостоятельную проработку рекомендованного преподавателем материала, каждый студент определяет сам с учетом своих индивидуальных способностей и возможностей. Однако минимальное время на самостоятельную работу должно составлять не менее того, которое отводится на плановые занятия под руководством преподавателя.

Конспект следует вести так, чтобы им было максимально удобно пользоваться в последующем. С этой целью основные положения желательно выделять: подчеркиванием, цветом и т. д. Если какие-то высказанные преподавателем во время лекции положения непонятны, то необходимо их уточнить, задав соответствующие вопросы.

Практические занятия выполняют одновременно несколько функций: позволяют расширить и углубить знания, полученные на лекции и в ходе самостоятельной работы; приобрести опыт публичного выступления; а преподавателю – проконтролировать степень усвоения учебного материала.

В целях наиболее эффективного использования времени рекомендуется следующий алгоритм подготовки к практическому занятию:

- внимательное изучение плана практического занятия и методических рекомендаций преподавателя;
- изучение данной программы с целью уяснения требований к объёму и содержанию знаний по изучаемой теме;
- просмотр рекомендованной и дополнительной литературы по теме занятия.

В случае пропуска практического занятия студент обязан подготовить материал пропущенного занятия и отчитаться по нему перед преподавателем в обусловленное время.

При изучении литературы и иного материала следует выделять вопросы, которые остались непонятными, требуют дополнительного усвоения. Практика показывает, что консультациями пользуются далеко не все, кто в них нуждается. Поэтому иногда консультация проводится по инициативе преподавателя – тогда она является обязательной для студента.

Консультации могут быть введены непосредственно в расписание занятий. В этом случае они являются общими для всей группы (нескольких групп) или всего курса в целом.

## **9. Методические рекомендации для преподавателя**

Во время лекции преподаватель может использовать средства наглядности: условно-логические схемы, графики, чертежи и т.п. Если показываются какие-либо фото-фрагменты, приводятся аналогии, цитируется художественная, публицистическая или мемуарная литература, то в конспекте делаются соответствующие пометки, что позволяет в случае необходимости в будущем обращаться к этим источникам. Необходимо отметить, что после окончания лекции работа не завершается.

Практика показывает, что консультациями пользуются далеко не все, кто в них нуждается. Поэтому иногда консультация проводится по инициативе преподавателя – тогда она является обязательной для студента. Консультации могут быть введены непосредственно в расписание занятий. В этом случае они являются общими для всей группы (нескольких групп) или всего курса в целом.

## **9. Обучение инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья**

Изучение учебной дисциплины обучающимися инвалидами и лицами с ограниченными возможностями здоровья осуществляется в соответствии с Приказом Министерства образования и науки РФ от 9 ноября 2015 г. № 1309 «Об утверждении Порядка обеспечения условий доступности для инвалидов объектов и предоставляемых услуг в сфере образования, а также оказания им при этом необходимой помощи» (с изменениями и дополнениями), Методическими рекомендациями по организации образовательного процесса для обучения инвалидов и лиц с ограниченными

возможностями здоровья в образовательных организациях высшего образования, в том числе оснащенности образовательного процесса, утвержденными Министерством образования и науки РФ 08.04.2014г. № АК-44/05вн, Положением об организации обучения студентов–инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья, утвержденным приказом ректора Московского Политеха.

Лица с ограниченными возможностями здоровья и инвалиды обеспечиваются электронными образовательными ресурсами, адаптированными к состоянию их здоровья.

Предоставление специальных технических средств обучения коллективного и индивидуального пользования, подбор и разработка учебных материалов для обучающихся с ограниченными возможностями здоровья производится преподавателями с учетом индивидуальных психофизиологических особенностей обучающихся и специфики приема-передачи учебной информации на основании просьбы, выраженной в письменной форме.

С обучающимися по индивидуальному плану или индивидуальному графику проводятся индивидуальные занятия и консультации.

Программа составлена в соответствии с Федеральным государственным образовательным стандартом высшего образования по направлению подготовки бакалавров **20.03.01 Техносферная безопасность** и профилю подготовки **«Безотходные технологии химических и нефтехимических производств»**.

Программу составил:  
к.т.н., доцент

Ю.Г. Пикулин

Программа утверждена на заседании кафедры «Процессы и аппараты химической технологии» «06» 06 2021 г., протокол № 16/16-21.

Заведующий кафедрой «Процессы  
и аппараты химической технологии»  
чл.-корр. РАН, профессор, д.т.н.

В.Г. Систер



<b>8. Реакторы с неидеальной структурой потока.</b>	3	15-16	4	4		4						<b>К/р</b>		
<b>9. Однопараметрическая диффузионная модель.</b>	3	17-18	4	4		4								
<b>Итого 3 семестр</b>			<b>36</b>	<b>36</b>		<b>36</b>						<b>К/р</b>		<b>Зачёт</b>
<b>4 семестр</b>														
<b>10. Совместное решение системы уравнений материального и теплового балансов для стационарного адиабатического реактора идеального смешения.</b>	4	1-2	2	2		4								
<b>11. Оптимальный температурный режим проведения химических реакций.</b>	4	3-4	2	2		4								
<b>12. Гетерогенные процессы, области их протекания.</b>	4	5-6	2	2		4								
<b>13. Катализ. Гетерогенно-каталитические процессы.</b>	4	7-8	2	2		4								
<b>14. Основные принципы организации малоотходных технологических процессов.</b>	4	9-10	2	2		4								
<b>15. Технология связанного азота.</b>	4	11-12	2	2		4								
<b>16. Синтез метанола.</b>	4	13-14	2	2		4								
<b>17. Технология азотной кислоты.</b>	4	15-16	2	2		4								
<b>18. Технология серной кислоты.</b>	4	17-18	2	2		4								
<b>Итого 4 семестр:</b>			<b>18</b>	<b>18</b>		<b>36</b>		<b>КП</b>					<b>Экзамен</b>	
<b>ВСЕГО:</b>			<b>54</b>	<b>54</b>		<b>72</b>		<b>КП</b>					<b>Экзамен</b>	<b>Зачёт</b>

**МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ**

**Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования  
МОСКОВСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ**

**Кафедра «Процессы и аппараты химической технологии»**

Направление подготовки:  
**20.03.01 Техносферная безопасность**

Профиль подготовки  
**«Безотходные технологии химических и нефтехимических производств»**

Форма обучения: очная

**ФОНД  
ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ  
ПО УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЕ**

**«Общая химическая технология»**

**Состав (описание оценочных средств):**  
**- Примеры заданий для контрольной работы**  
**- Вопросы для зачёта**  
**- Темы курсового проекта**  
**- Вопросы для экзамена**

**Составитель:**  
**Пикулин Ю.Г., к.т.н., доцент**

*Москва, 2021 год*

**Перечень оценочных средств по дисциплине «Общая химическая технология»**

№ ОС	Наименование оценочного средства	Краткая характеристика оценочного средства	Представление оценочного средства в ФОС
1	Контрольная работа (К/Р)	Средство проверки умений применять полученные знания для решения задач определенного типа по теме или разделу	Примеры контрольных заданий по вариантам
2	Зачёт	Средство контроля, организованное как специальная беседа педагогического работника с обучающимся на темы,	Вопросы по темам/разделам дисциплины
3	Курсовой проект (КП)	Продукт самостоятельной работы студента, представляющий собой краткое изложение в письменном виде полученных результатов теоретического анализа определенной темы, где автор раскрывает суть исследуемой проблемы, приводит расчёт необходимых параметров в соответствии с заданием, обосновывая каждое уравнение и результат.	Курсовой проект
4	Экзамен	Средство контроля, организованное как специальная беседа педагогического работника с обучающимся на темы, связанные с изучаемой дисциплиной, и рассчитанное на выяснение объёма знаний обучающегося по дисциплине.	Вопросы по темам/разделам дисциплины, примеры экзаменационных заданий

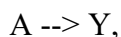
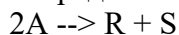
**1. Контрольная работа**

При проведении контрольной работы оценивается способность обучаемого самостоятельно решать задачи по пройденному материалу.

**Примеры задач для контрольной работы:**

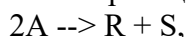
1. В проточном реакторе идеального смешения при проведении реакции  $2A \rightarrow R + S$  достигнута степень превращения  $X_A=0,6$ . Какая степень превращения при прочих равных условиях (объём, объёмный расход, температура) будет достигнута в проточном реакторе идеального вытеснения?

2. Определить выход целевого продукта R при проведении параллельных реакций



если на выходе из реактора, в котором проводились указанные реакции, содержится 5 моль вещества R, 4 моль S, 3 моль Y и 2 моль A.

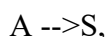
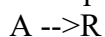
3. Рассчитать производительность реактора идеального вытеснения по продукту S (кмоль/ч) при проведении в нём реакции





если  $C_{A0}=1$  кмоль/м<sup>3</sup>; объём реактора  $V=2$  м<sup>3</sup>; объёмный расход через реактор составляет 0,3 м<sup>3</sup>/ч; константа скорости реакции  $k=0,4$  м<sup>3</sup>/(кмоль\*ч).

4. Определить степень превращения реагента А, выход целевого продукта R и селективность по R при проведении параллельных реакций



если  $C_{A0}=2,5$  кмоль/м<sup>3</sup>;  $C_A=0,5$  кмоль/м<sup>3</sup>;  $C_{R0}=C_{S0}=0$ ;  $C_R=1,5$  кмоль/м<sup>3</sup>.

5. Рассчитать значение скорости сложной реакции по компоненту А



в момент времени, когда  $C_R=1$  кмоль/м<sup>3</sup>,  $C_S=2$  кмоль/м<sup>3</sup>,  $C_{R0}=C_{S0}=0$ ,  $C_{A0}=5$  кмоль/м<sup>3</sup>,  $k_1=6$  ч<sup>-1</sup>,  $k_2=7$  ч<sup>-1</sup>.

6. В каскаде из двух реакторов идеального смешения одинакового объёма проводят реакцию первого порядка  $A \rightarrow R$  до достижения степени превращения  $X_A=0,9$ . Какими должны быть объёмы этих реакторов, если  $k=0,8$  ч<sup>-1</sup>, а объёмный расход потока составляет 0,4 м<sup>3</sup>/ч?

## 2. Зачёт

### Вопросы к зачёту:

1. Химические реакторы как элементы химико-технологических.
2. Степень превращения, селективность и выход продукта, производительность, интенсивность – основные технологические критерии химического процесса.
3. Основные принципы и особенности моделирования. Уравнение материального баланса для элементарного объёма химического реактора.
4. Классификация химических реакторов и режимов их работы по различным признакам с целью облегчения моделирования и расчётов на основе полученных моделей.
5. Модель изотермического реактора идеального смешения для проведения гомогенного процесса.
6. Анализ допущений модели идеального смешения.
7. Разновидности режимов работы реактора идеального смешения.
8. Реактор идеального смешения периодического действия; уравнение материального баланса и расчёты на его основе.
9. Проточный реактор идеального смешения в стационарном режиме: уравнение материального баланса и расчёты на его основе.
10. Графическая интерпретация численных методов определения концентрации реагента на выходе из проточного реактора идеального смешения.
11. Модель изотермического реактора идеального вытеснения для проведения гомогенного процесса.
12. Анализ допущений модели идеального вытеснения.
13. Уравнение материального баланса реактора идеального вытеснения и расчёты на его основе.
14. Сравнение моделей реакторов идеального смешения и идеального вытеснения; анализ их применимости к описанию процессов в реальных химических реакторах.
15. Сравнение технологической эффективности проточных реакторов идеального смешения и идеального вытеснения.
16. Модели изотермических реакторов с неидеальной структурой потока для проведения гомогенных процессов.
17. Анализ причин отклонений от идеальной структуры потока в реальных проточных реакторах. Способы учёта этих отклонений в моделях реакторов с неидеальной структурой потока.
18. Понятие о параметре модели.

19. Ячеечная модель (каскад реакторов идеального смешения). Анализ допущений ячеечной модели, структура модели.
20. Методы расчёта на основе ячеечной модели.
21. Однопараметрическая диффузионная модель проточного реактора. Анализ допущений диффузионной модели. Уравнение материального баланса: анализ граничных условий, диффузионный критерий Пекле.
22. Распределение времени пребывания в реакторах непрерывного действия.
23. Функция распределения времени пребывания.
24. Экспериментальное изучение функций распределения времени пребывания для реакторов, описываемых моделями идеального смешения, идеального вытеснения, ячеечной и диффузионной.
25. Учёт теплопереноса в химических реакторах.
26. Классификация режимов работы химических реакторов.
27. Уравнение теплового баланса.

Шкалы оценивания результатов аттестации и их описание:

<i>Шкала оценивания</i>	<i>Описание (для зачёта)</i>
<i>Зачтено</i>	Выполнены все виды учебной работы, предусмотренные учебным планом. Студент демонстрирует соответствие знаний, умений, навыков, приведенным в таблицах показателей, оперирует приобретенными знаниями, умениями, навыками, применяет их в ситуациях повышенной сложности.
<i>Не зачтено</i>	Не выполнен один или более видов учебной работы, предусмотренных учебным планом. Студент демонстрирует неполное соответствие знаний, умений, навыков, приведенных в таблицах показателей, допускаются значительные ошибки, проявляется отсутствие знаний, умений, навыков по ряду показателей, студент испытывает значительные затруднения при оперировании знаниями и умениями при их переносе на новые ситуации.

### 3. Курсовой проект

**Критерии оценки:**

Критерии	Показатели
1. Новизна проблемы	- актуальность проблемы и темы; - новизна и самостоятельность в постановке проблемы, в формулировании нового аспекта выбранной для анализа проблемы; - наличие авторской позиции, самостоятельность суждений.
2. Степень раскрытия сущности проблемы	- соответствие плана теме курсового проекта; - полнота и глубина раскрытия задания; - обоснованность способов и методов решения задачи; - умение работать с литературой, систематизировать и структурировать материал; - умение обобщать, сопоставлять различные точки зрения по рассматриваемому вопросу, аргументировать основные положения и выводы.

3. Обоснованность выбора источников	<ul style="list-style-type: none"> <li>- круг, полнота использования литературных источников по проблеме;</li> <li>- привлечение новейших работ по проблеме (журнальные публикации, материалы сборников научных трудов и т.д.).</li> </ul>
4. Соблюдение требований к оформлению	<ul style="list-style-type: none"> <li>- правильное оформление ссылок на используемую литературу;</li> <li>- грамотность и культура изложения;</li> <li>- владение терминологией и понятийным аппаратом проблемы;</li> <li>- соблюдение требований к объему курсового проекта;</li> <li>- культура оформления.</li> </ul>
5. Грамотность	<ul style="list-style-type: none"> <li>- отсутствие орфографических и синтаксических ошибок, стилистических погрешностей;</li> <li>- отсутствие опечаток, сокращений слов, кроме общепринятых;</li> <li>- литературный стиль.</li> </ul>

Защита курсового проекта оценивается в соответствии с нижеприведённой таблицей.

Показатель (компетенция)	Критерии оценивания (оценка)			
	2	3	4	5
<p>Способен осуществлять поиск, критический анализ и синтез информации, применять системный подход для решения поставленных задач (УК-1)</p> <p>Способен учитывать современные тенденции развития техники и технологий в области техносферной безопасности, измерительной и вычислительной техники, информационных технологий при решении типовых задач в области профессиональной деятельности, связанной с</p>	<p>Обучающийся демонстрирует полное отсутствие или недостаточное соответствие знаний, относящихся к конкретным компетенциям, применительно к данной дисциплине</p>	<p>Обучающийся демонстрирует неполное соответствие следующих знаний по приведённым компетенциям. Допускаются значительные ошибки, проявляется недостаточность знаний, по ряду показателей, обучающийся испытывает значительные затруднения при оперировании знаниями при их переносе на новые ситуации.</p>	<p>Обучающийся демонстрирует частичное соответствие знаний указанным компетенциям, но допускаются незначительные ошибки, неточности, затруднения при аналитических операциях.</p>	<p>Обучающийся демонстрирует полное соответствие своих знаний указанным компетенциям, свободно оперирует приобретенными знаниями, в том числе при переносе на новые ситуации.</p>

защитой окружающей среды и обеспечением безопасности человека (ОПК-1)				
---	--	--	--	--

#### 4. Экзамен

##### Вопросы к экзамену.

В связи с тем, что экзамен является завершающей аттестацией обучающегося по дисциплине, к нижеприведенным вопросам добавляются ранее приведённые 27 вопросов к зачёту.

1. Анализ совместного решения системы уравнений материального и теплового балансов для стационарного адиабатического реактора идеального смешения при проведении необратимых и обратимых эндо- и экзотермических реакций.
2. Тепловая устойчивость и параметрическая чувствительность.
3. Оптимальный температурный режим проведения химических реакций. Зависимость скорости реакций от температуры и степени превращения. Рекомендации по выбору температурного режима для необратимых и обратимых эндо- и экзотермических реакций.
4. Построение линии оптимальных температур для проведения обратимых экзотермических реакций.
5. Анализ способов приближения к линии оптимальных температур и их реализация.
6. Гетерогенные некаталитические процессы в системе «газ – твёрдое вещество».
7. Кинетические модели гетерогенных химических процессов.
8. Многостадийность гетерогенных процессов.
9. Диффузионные и кинетические области протекания гетерогенных процессов.
10. Анализ модели с фронтальным перемещением зоны реакции: стадии процесса; уравнения, описывающие скорость отдельных стадий. Лимитирующая стадия гетерогенного процесса и её свойства.
11. Коэффициент массопередачи гетерогенного процесса, включающего поверхностную химическую реакцию первого порядка.
12. Способы определения лимитирующей стадии гетерогенного процесса.
13. Вывод расчётных зависимостей между временем пребывания в реакторе и степенью превращения твёрдого реагента для случая одиночной твёрдой частицы в различных (внешнедиффузионной, внутридиффузионной и кинетической) областях протекания гетерогенного процесса (модель с фронтальным перемещением зоны реакции).
14. Основные типы реакторов для проведения гетерогенных процессов в системе «газ – твёрдое вещество».
15. Гетерогенно-каталитические процессы. Природа катализа. Основные виды катализа.
16. Основные стадии и кинетические особенности гетерогенно-каталитических процессов.
17. Влияние на общую скорость каталитической реакции массопередачи через газовую фазу к поверхности катализатора.
18. Основные типы реакторов для гетерогенно-каталитических процессов.
19. Оценка активности катализатора.
20. Основные принципы организации малоотходных технологических процессов.
21. Технология связанного азота. Отдельные стадии процесса синтеза аммиака. Физико-химические особенности и аппаратное оформление.
22. Синтез метанола. Отдельные стадии процесса. Физико-химические особенности и аппаратное оформление.

23. Технология азотной кислоты. Отдельные стадии процесса. Физико-химические особенности и аппаратное оформление.
24. Технология серной кислоты. Отдельные стадии процесса. Физико-химические особенности и аппаратное оформление.

Оценка знаний, показанных на экзамене, проводится в соответствии со шкалой, приведённой ниже.

Показатель (компетенция)	Критерии оценивания (оценка)			
	2	3	4	5
Способен осуществлять поиск, критический анализ и синтез информации, применять системный подход для решения поставленных задач (УК-1)	Обучающийся демонстрирует полное отсутствие или недостаточное соответствие знаний, относящихся к конкретным компетенциям, применительно к данной дисциплине	Обучающийся демонстрирует неполное соответствие следующих знаний по приведённым компетенциям. Допускаются значительные ошибки, проявляется недостаточность знаний, по ряду показателей, обучающийся испытывает значительные затруднения при оперировании знаниями при их переносе на новые ситуации.	Обучающийся демонстрирует частичное соответствие знаний указанным компетенциям, но допускаются незначительные ошибки, неточности, затруднения при аналитических операциях.	Обучающийся демонстрирует полное соответствие своих знаний указанным компетенциям, свободно оперирует приобретенными знаниями, в том числе при переносе на новые ситуации.
Способен учитывать современные тенденции развития техники и технологий в области техносферной безопасности, измерительной и вычислительной техники, информационных технологий при решении типовых задач в области профессиональной деятельности, связанной с защитой окружающей среды и обеспечением безопасности человека (ОПК-1)				

**Примеры билетов к экзамену по дисциплине «Общая химическая технология»**

### ЭКЗАМЕНАЦИОННОЕ ЗАДАНИЕ № 1.

1. В проточном реакторе идеального смешения при проведении реакции  $2A \rightarrow R + S$  достигнута степень превращения  $X_A=0,6$ . Какая степень превращения при прочих равных условиях (объём, объёмный расход, температура) будет достигнута в проточном реакторе идеального вытеснения?
2. Гетерогенно-каталитические процессы в системе "газ - твёрдое вещество". Состав катализатора, его технологические характеристики. Основные стадии гетерогенно-каталитического процесса на пористом катализаторе.
3. Основные стадии производства азотной кислоты под давлением 0,73 МПа. Химическая схема процесса. Рациональное использование энергии в процессе.

### ЭКЗАМЕНАЦИОННОЕ ЗАДАНИЕ № 2.

1. Определить выход целевого продукта R при проведении параллельных реакций  
 $2A \rightarrow R + S$   
 $A \rightarrow Y,$   
если на выходе из реактора, в котором проводились указанные реакции, содержится 5 моль вещества R, 4 моль S, 3 моль Y и 2 моль A.
2. Однопараметрическая диффузионная модель для описания процессов в реакторах с неидеальной структурой потока. Вывод уравнения материального баланса. Анализ возможности использования модели для реальных реакторов.
3. Физико-химические основы процесса синтеза аммиака. Выбор технологического режима (температура, давление, концентрация компонентов, объёмная скорость) при проведении процесса по циркуляционной схеме. Способы осуществления оптимального температурного режима. Технологическая схема процесса.

### ЭКЗАМЕНАЦИОННОЕ ЗАДАНИЕ № 3.

1. Рассчитать производительность реактора идеального вытеснения по продукту S (кмоль/ч) при проведении в нём реакции  
 $2A \rightarrow R + S,$   
если  $C_{A0}=1$  кмоль/м<sup>3</sup>; объём реактора  $V=2$  м<sup>3</sup>; объёмный расход через реактор составляет 0,3 м<sup>3</sup>/ч; константа скорости реакции  $k=0,4$  м<sup>3</sup>/(кмоль\*ч).
2. Гетерогенные процессы в системе "газ - твёрдое вещество". Основные стадии процесса, описываемого моделью с фронтальным перемещением зоны реакции. Лимитирующая стадия процесса и способы её определения.
3. Паровая конверсия оксида углерода в производстве технологического газа для синтеза аммиака. Физико-химические особенности процесса. Выбор технологического режима и аппаратного оформления процесса.

### ЭКЗАМЕНАЦИОННОЕ ЗАДАНИЕ № 4.

1. Определить степень превращения реагента A, выход целевого продукта R и селективность по R при проведении параллельных реакций  
 $A \rightarrow R$   
 $A \rightarrow S,$

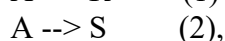
если  $C_{A0}=2,5$  кмоль/м<sup>3</sup>;  $C_A=0,5$  кмоль/м<sup>3</sup>;  $C_{R0}=C_{S0}=0$ ;  $C_R=1,5$  кмоль/м<sup>3</sup>.

2. Стационарный адиабатический реактор идеального смешения - совместное решение уравнений материального и теплового балансов относительно степени превращения и температуры в реакторе при проведении необратимой экзотермической реакции первого порядка. Тепловая устойчивость.

3. Выбор технологического режима для достижения высокого выхода оксида азота при окислении аммиака в производстве азотной кислоты.

#### ЭКЗАМЕНАЦИОННОЕ ЗАДАНИЕ № 5.

1. Рассчитать значение скорости сложной реакции по компоненту А



в момент времени, когда  $C_R=1$  кмоль/м<sup>3</sup>,  $C_S=2$  кмоль/м<sup>3</sup>,  $C_{R0}=C_{S0}=0$ ,  $C_{A0}=5$  кмоль/м<sup>3</sup>,  $k_1=6$  ч<sup>-1</sup>,  $k_2=7$  ч<sup>-1</sup>.

2. Реактор идеального смешения периодического действия, его математическая модель. Понятие времени рабочего цикла и производительности реактора. Область применения периодических реакторов, их достоинства и недостатки.

3. Абсорбция нитрозных газов в производстве слабой азотной кислоты. Выбор технологического режима и аппаратное оформление процесса.

#### ЭКЗАМЕНАЦИОННОЕ ЗАДАНИЕ № 6.

1. В каскаде из двух реакторов идеального смешения одинакового объёма проводят реакцию первого порядка  $A \rightarrow R$  до достижения степени превращения  $X_A=0,9$ . Какими должны быть объёмы этих реакторов, если  $k=0,8$  ч<sup>-1</sup>, а объёмный расход потока составляет  $0,4$  м<sup>3</sup>/ч?

2. Вывод расчётной зависимости между временем пребывания в реакторе и степенью превращения твёрдого реагента для случая одиночной твёрдой частицы при лимитировании гетерогенного процесса химической реакцией (модель с фронтальным перемещением зоны реакции).

3. Каталитическая очистка (гидрирование) конвертированного газа от оксидов углерода и кислорода в производстве аммиака. Физико-химические основы процесса, технологический режим и аппаратное оформление процесса.

Составитель:

Пикулин Ю.Г., к.т.н., доцент

« \_\_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 2021 г.