

Документ подписан простой электронной подписью
Информация о владельце:
ФИО: Кувардин Николай Владимирович
Должность: Заведующий кафедрой
Дата подписания: 01.09.2023 16:11:00
Уникальный программный ключ:
9e48c4318069d59a383b8e4c07e4eba99aa1cb28

МИНОБРНАУКИ РОССИИ
Юго-Западный государственный университет

УТВЕРЖДАЮ

Заведующий кафедрой фунда-
ментальной химии и химиче-
ской технологии
(наименование кафедры)



Н.В. Кувардин

(подпись, инициалы, фамилия)

« 29 » июня 2023 г.

ОЦЕНОЧНЫЕ СРЕДСТВА
для текущего контроля успеваемости
и промежуточной аттестации обучающихся по дисциплине

Химические реакторы

(наименование дисциплины)

ООП 18.03.01 Химическая технология

(код и наименование ОПОП ВО)

Курск-2023

1 ОЦЕНОЧНЫЕ СРЕДСТВА ДЛЯ ТЕКУЩЕГО КОНТРОЛЯ УСПЕВАЕМОСТИ

Тема 1 Классификация химических реакторов по различным признакам**Вопросы для собеседования**

1. Каковы основные типы химических реакторов
2. Каковы основные требования, предъявляемые к реакторам.
3. Приведите примеры использования реакторов в технологии важнейших химических продуктов.
4. Какие процессы относятся к гетерогенным?
5. Перечислите стадии гетерогенного процесса.
6. Назовите области протекания гетерогенного процесса.
7. Какие признаки могут быть положены в основу классификации химических реакторов?
8. Каковы различия в условиях перемешивания в проточных реакторах смешения и вытеснения?
9. Какой режим работы химического реактора называется стационарным?
10. Возможен ли стационарный режим в периодическом реакторе?
11. Возможен ли стационарный режим в полунепрерывном реакторе?
12. Почему при стационарном режиме работы химического реактора в нем не происходит накопления вещества и теплоты?
13. Сформулируйте допущения модели идеального смешения.

Тесты для опроса

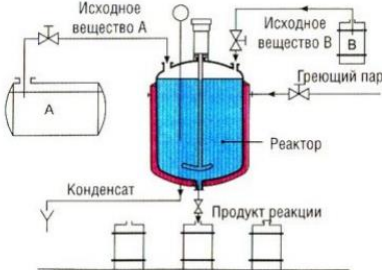
1. При каком режиме организации процесса в реакторе отсутствует теплообмен с окружающей средой и тепло химической реакции полностью расходуется на изменение температуры реакционной смеси
адиабатическом изотермическом политропическом нет правильного ответа
2. Определить порядок реакции в зависимости от размерности константы скорости (л/моль с)
Нулевой первый второй третий
3. На рисунке представлен

	<ol style="list-style-type: none"> 1 Реактор периодического действия 2 Реактор непрерывного действия 3 Реактор идеального вытеснения 4 Адиабатический режим процессов 5 Изотермический режим процессов
--	---


4 На рисунке представлен

	<ol style="list-style-type: none"> 1 Схема процесса периодического действия 2 Схема процесса непрерывного действия 3 Реактор идеального вытеснения 4 Адиабатический режим процессов 5 Изотермический режим процессов
--	---


5 На рисунке представлен

 <p>Исходное вещество А Исходное вещество В Греющий пар Реактор Конденсат Продукт реакции</p>	<ol style="list-style-type: none"> 1 Схема процесса периодического действия 2 Схема процесса непрерывного действия 3 Реактор идеального вытеснения 4 Адиабатический режим процессов 5 Изотермический режим процессов
--	---

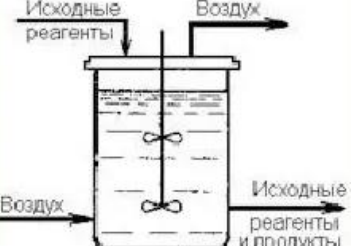
6. На рисунке представлен

	<ol style="list-style-type: none"> 1 Схема процесса периодического действия 2 Схема процесса непрерывного действия 3 Реактор идеального вытеснения 4 Адиабатический режим процессов 5 Изотермический режим процессов 6 реактор идеального смешения
---	--

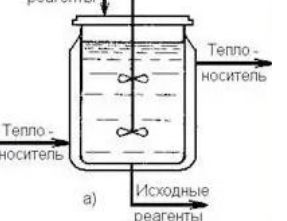
7. На рисунке представлен

	<ol style="list-style-type: none"> 1 Схема процесса периодического действия 2 Схема процесса непрерывного действия 3 Реактор идеального вытеснения 4 Адиабатический режим процессов 5 Изотермический режим процессов 6 реактор идеального смешения
---	--

8. На рисунке представлен

 <p>Исходные реагенты Воздух Воздух Исходные реагенты и продукты</p>	<ol style="list-style-type: none"> 1 Схема процесса периодического действия 2 Схема процесса непрерывного действия 3 Реактор идеального вытеснения 4 Адиабатический режим процессов 5 Изотермический режим процессов 6 реактор идеального смешения
---	--

9. На рисунке представлен

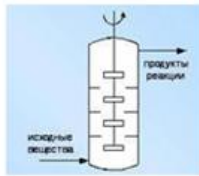
 <p>Исходные реагенты Тепло - носитель Тепло - носитель Исходные реагенты и продукты</p>	<ol style="list-style-type: none"> 1 Схема процесса периодического действия 2 Схема процесса непрерывного действия 3 Реактор идеального вытеснения 4 Адиабатический режим процессов 5 Изотермический режим процессов 6 реактор идеального смешения
---	--

10 среди реакторов, представленных на рисунке, к реакторам идеального вытеснения не относят реактор

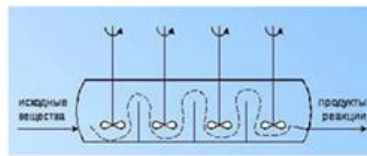
- А) все относят;
- Б) 1
- В) 1 и 2
- Г) 3
- Д) 4
- Е) все не относят



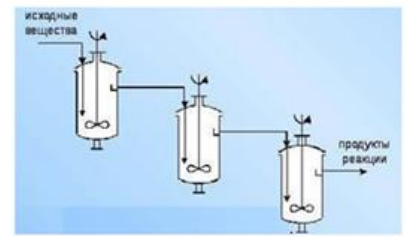
1



2



3



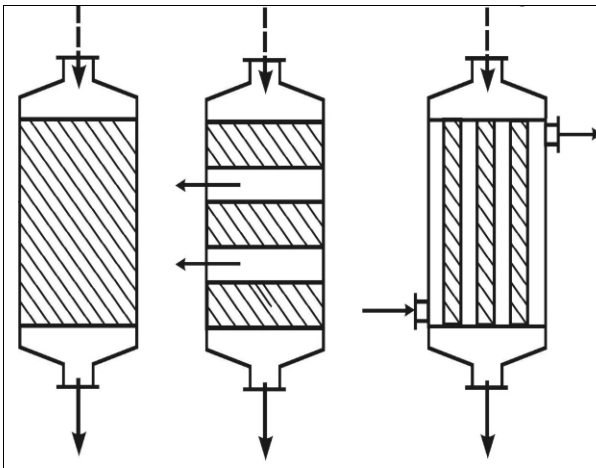
4

11. На рисунке представлен



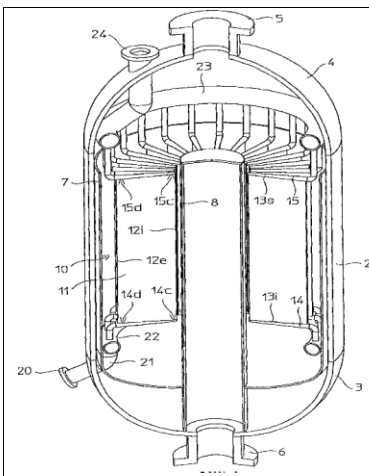
- 1 Схема процесса периодического действия
- 2 Схема процесса непрерывного действия
- 3 Реактор идеального вытеснения
- 4 Адиабатический режим процессов
- 5 Изотермический режим процессов
- 6 реактор идеального смешения

12 На рисунке представлен реактор



- 1 Периодического действия
- 2 Непрерывного действия
- 3 Реактор идеального вытеснения
- 4 Адиабатический многослойный
- 5 Изотермический

13 На рисунке представлен реактор

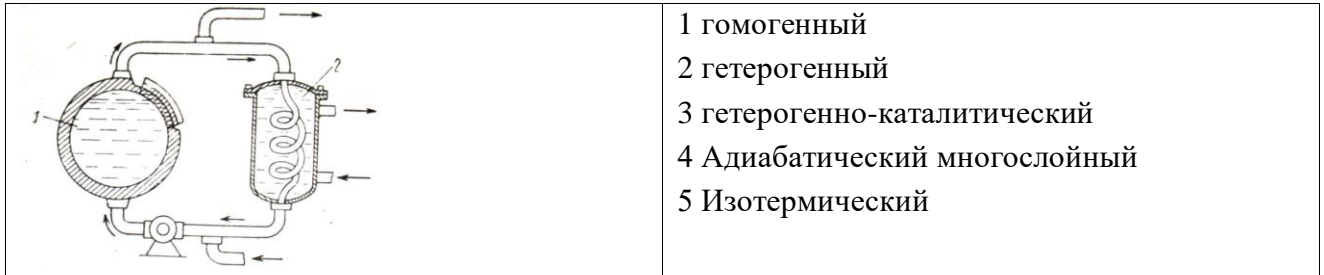


- 1 Периодического действия
- 2 Непрерывного действия
- 3 Реактор идеального вытеснения
- 4 Адиабатический многослойный
- 5 Изотермический

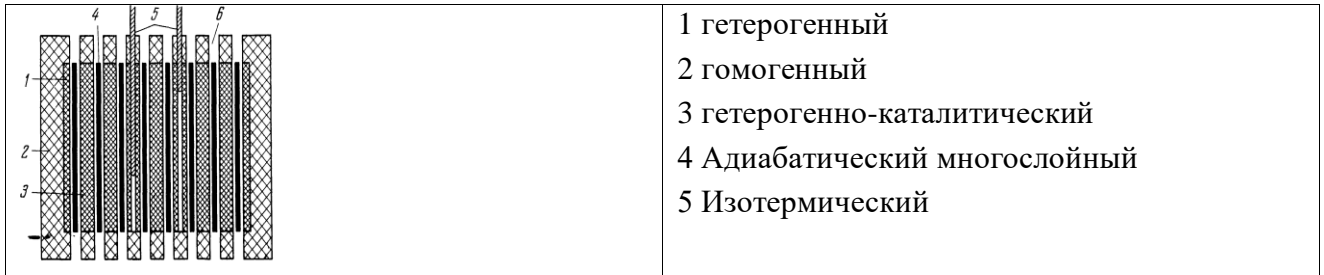
14 По фазовому составу реагирующей смеси реакторы подразделяют

1. Гомогенные, гетерогенные, гетерогенно-каталитические;
2. Однофазные, многофазные, двухфазные
3. Периодические, непрерывные, полунепрерывные

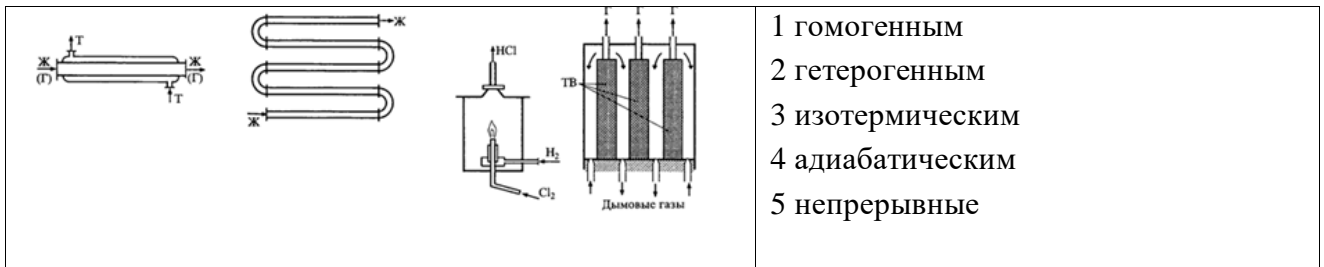
15. На рисунке представлен реактор



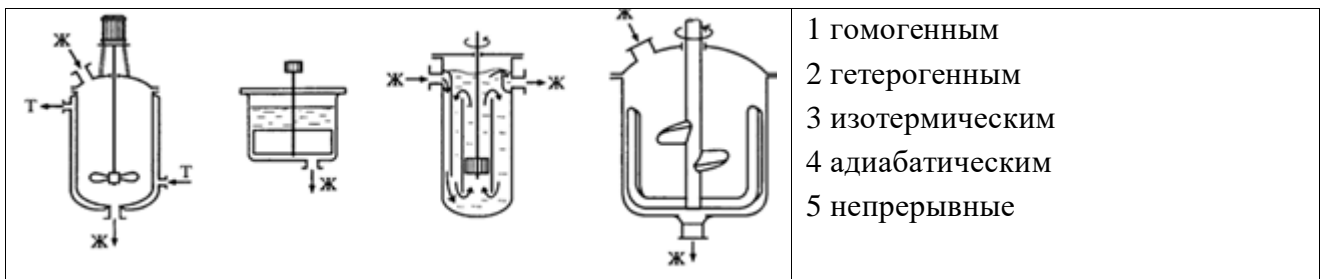
15. На рисунке представлен реактор



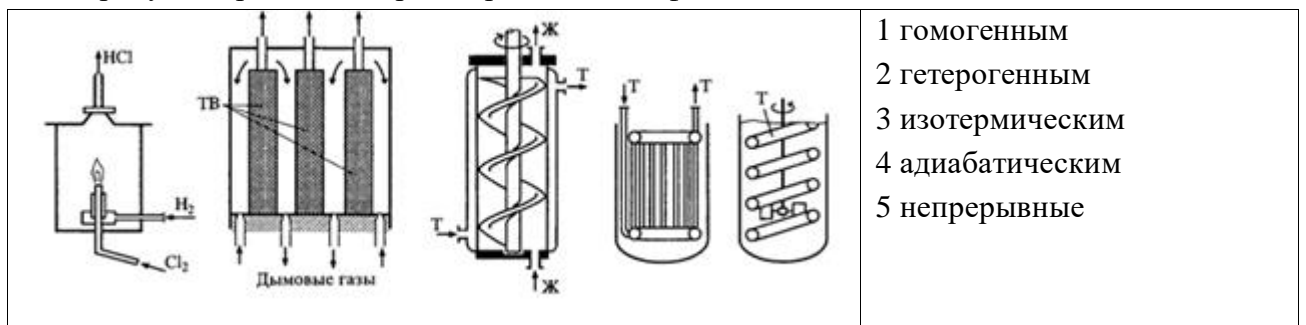
16. На рисунке представлен реакторы по классификации относящиеся к



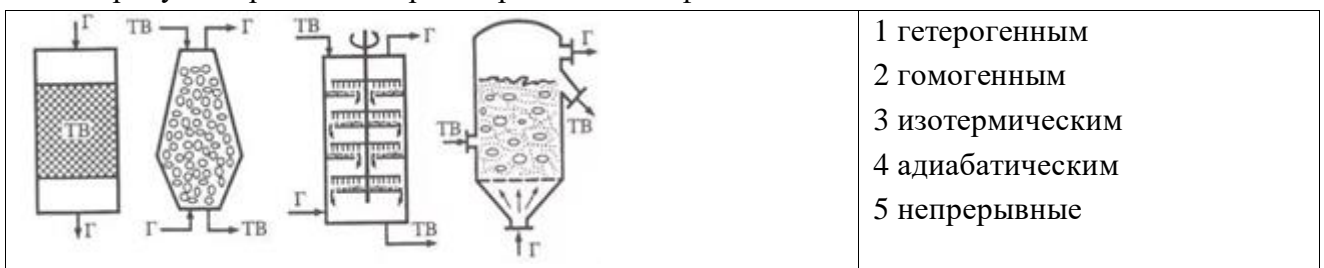
17. На рисунке представлен реакторы по классификации относящиеся к



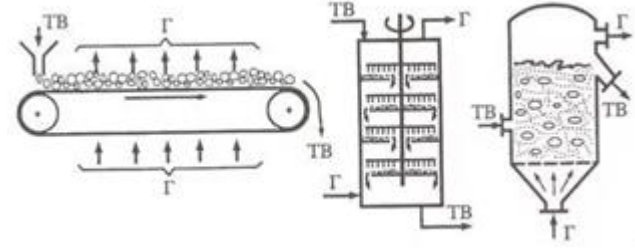
18. На рисунке представлен реакторы по классификации относящиеся к



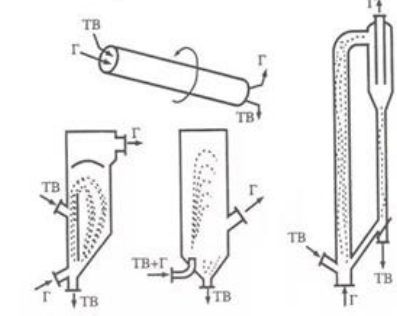
19. На рисунке представлен реакторы по классификации относящиеся к



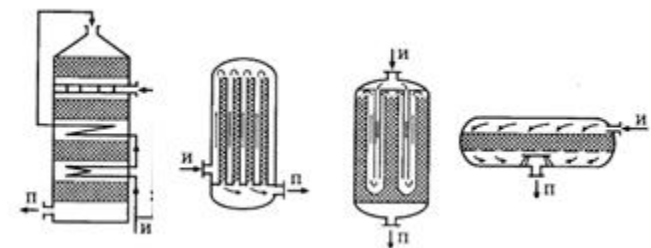
20. На рисунке представлено реакторы по классификации относящиеся к

	<p>1 гетерогенным 2 гомогенным 3 изотермическим 4 адиабатическим 5 непрерывные</p>
---	--

21. На рисунке представлено реакторы по классификации относящиеся к

	<p>1 гетерогенным 2 гомогенным 3 изотермическим 4 адиабатическим 5 непрерывные</p>
---	--

22. На рисунке представлено реакторы по классификации относящиеся к

	<p>1 гетерогенно-каталитическим 2 гомогенным 3 изотермическим 4 адиабатическим 5 гетерогенным</p>
--	---

23. На рисунке представлено реакторы по классификации относящиеся к

	<p>1 гетерогенно-каталитическим 2 гомогенным 3 изотермическим 4 адиабатическим 5 гетерогенным</p>
---	---

24. На рисунке представлено реакторы по классификации относящиеся к

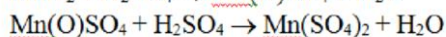
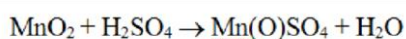
	<p>1 гетерогенно-каталитическим 2 гомогенным 3 изотермическим 4 адиабатическим 5 гетерогенным</p>
---	---

25 По типу конструкции химические реакторы подразделяют на

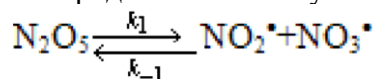
1. емкостные, колонные, трубчатые.
2. Гомогенные, гетерогенные, гетерогенно-каталитические;
3. Однофазные, многофазные, двухфазные
4. Периодические, непрерывные, полунепрерывные

Вопросы для контрольного опроса

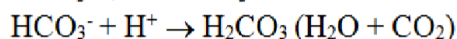
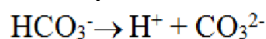
1. Что такое химический реактор?
2. Требования, предъявляемые к реактору.
3. Классификация реакторов.
4. Характеристика периодического процесса
5. Почему периодический процесс называют нестационарным?
6. Особенности протекания периодического процесса.
7. Область применения периодического процесса.
8. Достоинства и недостатки периодического процесса.
9. Характеристика непрерывного процесса.
10. Почему непрерывный процесс называют стационарным?
11. Особенности протекания непрерывного процесса.
12. Область применения непрерывного процесса.
13. Достоинства и недостатки непрерывного процесса.
14. Определить к какому типу реакций относятся указанные превращения.



15. Определить порядок реакции в зависимости от размерности константы скорости (моль/лс)
16. Определить к какому типу реакций относятся указанные превращения



17. Определить порядок реакции в зависимости от размерности константы скорости (1/мин)
18. Определить к какому типу реакций относятся указанные превращения



Защита практической работы

1. Проводится жидкофазная реакция первого порядка $A \rightarrow R$. Константа скорости реакции равна $0,45 \text{ мин}^{-1}$. Объемный расход реагента составляет 30 л/мин . Определить степень превращения вещества A в реакторах РИС-н и РИВ объемом 150 л каждый.

2. Жидкофазная обратимая реакция $2A \rightleftharpoons R$ проводится в РИС-н объемом $2,6 \text{ м}^3$. Константа скорости прямой реакции $k_1 = 31,4 \text{ м}^3/(\text{кмоль} \cdot \text{мин})$, обратной — $k_2 = 2 \text{ мин}^{-1}$. Концентрация исходного вещества $0,6 \text{ моль/л}$. Требуемая степень превращения $x_A = 0,8$. Определить производительность реактора по продукту R .

3. В реакторе протекает реакция второго порядка $2A \rightarrow R$ с константой скорости реакции равной $2,8 \cdot 10^{-1} \text{ л}/(\text{моль} \cdot \text{с})$. Начальная концентрация вещества A на входе в реактор равна $0,85 \text{ моль/л}$, степень превращения вещества A — $0,9$. Определить, какое количество вещества A можно переработать в РИС-н объемом 2 м^3 и в РИВ объемом $0,6 \text{ м}^3$.

4. Жидкофазная обратимая реакция второго порядка $A + B = R + S$ проводится в реакторе идеального смешения объемом 40 л . Константа скорости прямой реакции $k_1 = 1,8 \text{ л}/(\text{моль} \cdot \text{мин})$, обратной — $k_2 = 0,8 \text{ л}/(\text{моль} \cdot \text{мин})$. Вещества A и B подаются отдельно в стехиометрическом соотношении. Концентрации веществ в индивидуальных потоках равны $0,5 \text{ моль/л}$. Определить, какое количество веществ A и B перерабатывается за 1 ч , если степень превращения вещества A составляет $0,85$ от равновесной.

5. В жидкофазном процессе протекает реакция второго порядка $2A \rightarrow R$ с константой скорости реакции равной $2,3 \text{ л}/(\text{моль} \cdot \text{мин})$. Объемный расход смеси с концентрацией исходного реагента $C_{A0} = 0,5 \text{ кмоль/м}^3$ равен $3,6 \text{ м}^3/\text{ч}$. Определить производительность РИС-н объемом $0,4 \text{ м}^3$ по продукту R . Рассчитать объем РИВ для полученной производительности.

6. В реакторе периодического действия при проведении реакции получены следующие результаты:

Время, с	20	40	80	120	180
x_A	0,1	0,2	0,4	0,6	0,9

Используя данные результаты, сравнить эффективность РИВ и РИС-н для степени превращения 0,8.

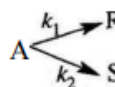
7. Жидкофазный процесс, описываемый реакцией первого порядка $A \rightarrow R$, проводится в реакторе идеального смешения, время пребывания в котором составляет 360 с. Объемный расход исходного вещества равен $4 \text{ м}^3/\text{ч}$. Концентрация вещества A $C_{A0} = 2 \text{ кмоль}/\text{м}^3$. Рассчитать производительность по продукту R , если известно, что за 120 с в реакторе периодического действия в продукт превращается 40% исходного вещества.

8. Жидкофазный процесс описывается простой реакцией первого порядка $A \rightarrow R$ с константой скорости реакции $k = 0,45 \text{ мин}^{-1}$. Объемный расход вещества A составляет 30 л/мин. Определить степени превращения вещества A в РИС-н и РИВ объемом по 145 л.

9. Реактор периодического действия за 8 ч работы производит 4,75 кмоль продукта. Для того чтобы загрузить реактор и нагреть до температуры реакции, требуется 0,2 ч, а чтобы выгрузить продукт и подготовить реактор к следующему циклу, — 0,8 ч. Определить необходимый объем реактора, если 90% поступающего в реактор исходного реагента с концентрацией 8 моль/л подвергается превращению, константа скорости реакции $k = 0,003 \text{ мин}^{-1}$.

10. Жидкофазный процесс описывается простой реакцией первого порядка с константой скорости равной $0,12 \text{ мин}^{-1}$. Концентрация вещества A в исходном потоке равна $3 \text{ кмоль}/\text{м}^3$. Требуемая степень превращения вещества A $x_A = 0,85$. Определить, какое количество вещества A можно переработать за 1 ч в реакторе идеального смешения и реакторе идеального вытеснения объемом $0,8 \text{ м}^3$.

11. В реакторе периодического действия при изотермическом режиме работы и без изменения массовой плотности реакционной смеси проводят параллельную реакцию первого порядка



Через 50 мин после начала реакции 90% исходного вещества разложилось. Получившийся продукт содержит на 1 моль продукта S 9,1 моль продукта R . На начало реакции продукты R и S отсутствовали. Определить константы скоростей реакций.

12. Жидкофазная реакция $A + B \rightarrow R$ проводится в непрерывном реакторе смешения. Константа скорости реакции $k = 0,005 \text{ л}/(\text{моль} \cdot \text{мин})$. Потоки веществ A и B подаются в реактор отдельно с равными объемными скоростями. Концентрации веществ в индивидуальных потоках соответственно $C_A = 2,4 \text{ моль}/\text{л}$, $C_B = 3,6 \text{ моль}/\text{л}$. Необходимая степень превращения вещества A равна 80%. Определить допустимый расход веществ A и B в час.

13. Жидкофазная реакция $2A \rightarrow R + S$ имеет константу скорости $0,38 \text{ л}/(\text{моль} \cdot \text{мин})$. Объемный расход исходного вещества A с концентрацией $C_{A0} = 0,4 \text{ моль}/\text{л}$ составляет 40 л/мин. Определить объемы реакторов РИС-н и РИВ при проведении процесса до степеней превращения 0,3; 0,5; 0,7; 0,9.

Тема 2 Идеальные модели химических реакторов

Вопросы для собеседования

1. Составьте уравнение материального баланса для стационарного проточного реактора идеального смешения.
2. Каковы основные причины отклонения от идеальности в реальных реакторах смешения?
3. Почему при составлении балансовых уравнений для реактора идеального смешения в качестве элементарного объема может быть принят полный объем реактора?
4. Составьте уравнение материального баланса для периодического реактора идеального смешения.
5. Проанализируйте основные недостатки и достоинства реактора периодического действия.
6. В каких производствах чаще встречаются реактора периодического действия?
7. В чем заключается различие между действительным и средним временем пребывания реагентов в проточном реакторе?
8. Для какого типа проточных реакторов действительное и среднее время пребывания совпадают?
9. Сформулируйте основные требования, предъявляемые к математической модели химического реактора.
10. В чем заключается иерархический принцип моделирования химических процессов и реакторов?
11. Каким условиям должен удовлетворять элементарный объем, для которого составляются балансовые уравнения?
12. Каким должен быть элементарный промежуток времени при составлении балансовых уравнений для реакторов, работающих в стационарном режиме?
12. Каким должен быть элементарный промежуток времени при составлении балансовых уравнений для реакторов, работающих в нестационарном режиме?
13. Почему именно балансовые уравнения (уравнения материального и энергетического балансов) составляют основу математической модели химического реактора?
14. Какими математическими операторами описывается перенос импульса и массоперенос?

Тесты для опроса

1 Выберите правильную запись уравнения математической модели РИВ, работающего в нестационарных условиях

$$\begin{array}{ccc}
 -\omega \frac{\partial C_A}{dl} = r_A & -\frac{\partial C_A}{\partial \tau} = r_A & \frac{\partial C_A}{\partial \tau} = -\omega \frac{\partial C_A}{\partial l} - r_A \\
 \text{а)} & \text{б)} & \text{в)}
 \end{array}$$

2. Выберите правильную запись уравнения математической модели РИВ, работающего в стационарных условиях

$$\begin{array}{ccc}
 -\omega \frac{\partial C_A}{dl} = r_A & -\frac{\partial C_A}{\partial \tau} = r_A & \frac{\partial C_A}{\partial \tau} = -\omega \frac{\partial C_A}{\partial l} - r_A \\
 \text{а)} & \text{б)} & \text{в)}
 \end{array}$$

3. Выберите правильную запись характеристического уравнения реактора

$$\begin{array}{ccc}
 dC_A = -C_{A,0} dx_A & -\frac{\partial C_A}{\partial \tau} = r_A & \tau = f(C_0, x, r) \\
 \text{а)} & \text{б)} & \text{в)}
 \end{array}$$

4. Характеристическое уравнение реактора периодического действия имеет вид

$$\begin{array}{ccc}
 \frac{\partial C_A}{\partial \tau} = -\omega \frac{\partial C_A}{\partial l} - r_A & -\frac{\partial C_A}{\partial \tau} = r_A & \tau = C_{A,0} \int_0^{x_A} \frac{dx_A}{r_A} \\
 \text{а)} & \text{б)} & \text{в)}
 \end{array}$$

5 Зависимость можно выразить в виде уравнения $\tau = h(C_0, z, t)$ – это..

6 Уравнение

$$\frac{\partial C_A}{\partial \tau} = -\omega_x \frac{\partial C_A}{\partial x} - \omega_y \frac{\partial C_A}{\partial y} - \omega_z \frac{\partial C_A}{\partial z} + D \left(\frac{\partial^2 C_A}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 C_A}{\partial y^2} + \frac{\partial^2 C_A}{\partial z^2} \right) - r_A,$$

Это....

7. Выражение

$$-\omega_x \frac{\partial C_A}{\partial x} - \omega_y \frac{\partial C_A}{\partial y} - \omega_z \frac{\partial C_A}{\partial z}$$

Это....

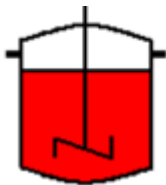
$$D \left(\frac{\partial^2 C_A}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 C_A}{\partial y^2} + \frac{\partial^2 C_A}{\partial z^2} \right)$$

8. Выражение

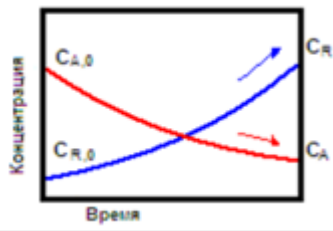
Это....

9. РИС-П – это

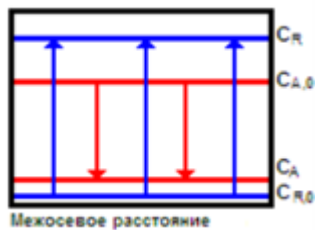
10 тип реактора для.....



11 Изменение концентрации во времени для



12. Изменение концентрации по месту для



13. Уравнение материального баланса для

$$-\frac{\partial C_A}{\partial \tau} = r_A,$$

14. уравнение

$$\tau = C_{A,0} \int_0^{x_A} \frac{dx_A}{r_A} \quad \text{это}$$

15. Уравнение $\tau_{\Pi} = \tau + \tau_{\text{всп}}$ это

16. Уравнение

$$V_r = \frac{V_{\text{сум}} \tau_n}{24\alpha}$$

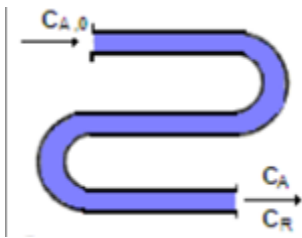
это

17 Уравнение

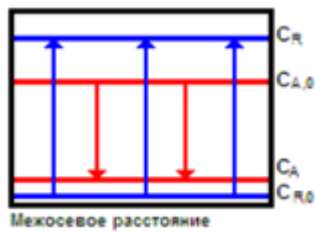
$$m = \frac{24}{\tau_n}$$

это

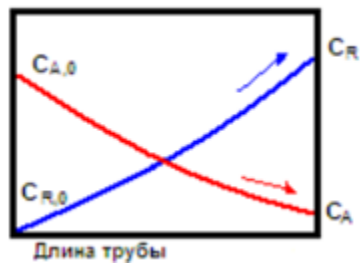
18 тип реактора для.....



19 Изменение концентрации во времени для



20. Изменение концентрации по месту для



21 Уравнение

$$\frac{\partial C_A}{\partial \tau} = -\omega \frac{\partial C_A}{\partial l} - r_A$$

это

22. Уравнение

$$-\omega \frac{\partial C_A}{\partial l} = r_A$$

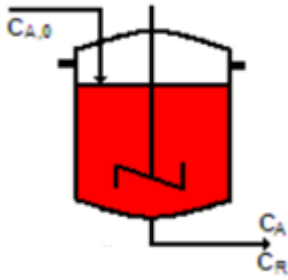
это

23 Уравнение

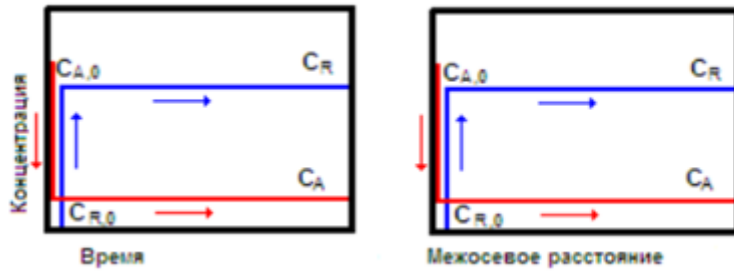
$$\tau = C_{A,0} \int_0^{x_A} \frac{dx_A}{r_A}$$

это

24. тип реактора для.....



25 Изменение концентрации во времени и по месту для



26. Уравнение

$$\tau = \frac{V_r}{V} = \frac{C_{A,0} X_A}{r_A}$$

для

Вопросы для контрольного опроса

1. Сравните эффективность реакторов идеального вытеснения и идеального смешения для различных типов реакций.
 2. Напишите уравнение материального баланса реактора в общем виде.
 3. Сопоставьте изменение основных параметров (концентрации, степени превращения и скорости химической реакции) в пространстве и времени в реакторах идеального смешения периодического действия (РИС-П)
 4. Сопоставьте изменение основных параметров (концентрации, степени превращения и скорости химической реакции) в пространстве и времени в реакторах идеального смешения непрерывного действия (РИС-Н)
 5. Сопоставьте изменение основных параметров (концентрации, степени превращения и скорости химической реакции) в пространстве и времени в каскаде реакторов (К-РИС).
 6. Сопоставьте изменение основных параметров (концентрации, степени превращения и скорости химической реакции) в пространстве и времени в реакторе идеального вытеснения (РИВ).
 7. Составьте математические модели (характеристические и расчетные уравнения) для реакторов РИС-П.
 8. Составьте математические модели (характеристические и расчетные уравнения) для реакторов РИС-Н
 8. Составьте математические модели (характеристические и расчетные уравнения) для реакторов РИВ
- Составьте математические модели (характеристические и расчетные уравнения) для каскада реакторов КРИС.
9. Проанализируйте достоинства и недостатки реакторов РИС-П
 10. Проанализируйте достоинства и недостатки реакторов РИС-Н
 11. Проанализируйте достоинства и недостатки реакторов РИВ
 12. Проанализируйте достоинства и недостатки реакторов К-РИС.
 13. Как влияет структура потока на селективность и выход целевого продукта?

Защита практической работы

1. В наклонном вращающемся трубчатом реакторе типа цементной печи твердое вещество В взаимодействует с газом А постоянного состава по уравнению: $A(г) + B(тв) = P(тв)$. Исходная смесь состоит из частиц разного размера: 1.58 мм и меньше (50 мас.%); 3.175 мм (25 мас.%); 6.35 мм (25 мас.%). Для определения таких конструктивных параметров реактора, как длина, диаметр, угол наклона, скорость вращения, необходимо знать время пребывания твердого вещества в аппарате. С целью расчета указанной величины провели следующий опыт: две порции твердого материала ввели в смесь, аналогичную той, которая, как предполагалось, будет в реакторе, и выдержав в течение 1 часа подвергли пробы анализу. Было обнаружено, что частицы размером 3.175 мм прореагировали на 87.5%, а частицы размером 6.35 мм – на 58%.

Найдите время пребывания частиц в указанном реакторе (считая, что поток в нем подчиняется законам идеального вытеснения), необходимое для превращения вещества В: а) на 98%, б) на 95%.

2. Твердые частицы размером 6.35 мм реагируют с газом постоянного состава и за 300 с превращаются в целевой продукт на 87.5%. В процессе реакции размер частиц остается неизменным. Гетерогенный процесс лимитируется химической реакцией.

Рассчитайте время пребывания твердого вещества в реакторе с псевдооживленным слоем для достижения той же степени превращения, если при тех же условиях исходный твердый реагент представляет собой смесь частиц размером 3.175 мм и 1.588 мм в равных массовых долях.

3. Для проведения гетерогенного процесса с участием твердого вещества В проектируется проточный реактор с псевдооживленным слоем. С целью определения времени пребывания твердых частиц в указанном аппарате провели соответствующие опыты в периодическом реакторе с псевдооживленным слоем. Экспериментальные данные представлены в таблице:

Размеры частиц в периодическом реакторе, мм	3.175	9.525
Температура процесса, °С	549	587.5
Время, за которое твердое вещество реагирует на 50 %, мин.	15	20

Рассчитайте время пребывания частиц в проточном реакторе с псевдооживленным слоем, необходимое для достижения степени превращения по веществу В равной 98%, если температура процесса 549°С, а исходный материал состоит из частиц размером 1.588 мм. Сопротивлением пленки газа в расчетах можно пренебречь, т. к. частицы вещества В сохраняют свой размер неизменным в течение всего процесса.

4. Решить пример 13, если лимитирующей стадией гетерогенного процесса является внутренняя диффузия при $\tau_n(R = 100 \text{ мк}) = 600 \text{ с}$.

5. На опытной установке проводили опыты по обжигу сульфида цинка в псевдооживленном слое без уноса частиц. Исходный ZnS состоял на 40 % из частиц диаметром 20 мк и на 60% из частиц диаметром 80 мк и поступал в реактор с массовой скоростью 0.591 г/с. С учетом порозности псевдооживленного слоя количество твердого материала в нем составляло 1100 кг. Полное время превращения частиц при выбранной температуре процесса:

$$\tau_n(10 \text{ мк}) = 150 \text{ с} \text{ и } \tau_n(40 \text{ мк}) = 600 \text{ с}.$$

Определите, какая в данных условиях достигается степень превращения ZnS.

6. Сферические частицы цинковой обманки радиусом $R = 1$ мм обжигают в 8% потоке кислорода при 900°C и 1 атм. Считая, что данный гетерогенный процесс подчиняется модели с невзаимодействующим ядром, рассчитайте время, необходимое для полного превращения частиц.

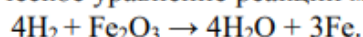
Оцените относительный вклад внутридиффузионного сопротивления в общее сопротивление гетерогенного процесса.

7. Частицы сульфида цинка диаметром 0.11 мм непрерывно подаются в печь обжига при температуре 900°C . Масса псевдооживленного слоя в печи поддерживается постоянной. Экспериментальные данные по определению степени превращения приведены в таблице:

τ , мин.	3	10	30	50
\bar{x}	0.84	0.94	0.985	0.999

Определите, какой кинетической модели “квазигомогенной” или с фронтальным перемещением зоны реакции соответствует гетерогенный процесс.

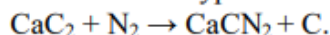
8. Процесс восстановления железной руды водородом можно приближенно описать моделью с фронтальным перемещением зоны реакции. Если пары воды отсутствуют, то стехиометрическое уравнение реакции можно представить так:



Скорость реакции примерно пропорциональна концентрации водорода в газовой фазе. Константа скорости, см/с, определяется так: $K_c = 1.93 \cdot 10^5 e^{-2400/(RT)}$. Плотность частиц $\rho = 4.6$ г/см³, их диаметр $d = 0.1$ см, среднее значение коэффициента диффузии водорода через слой продукта 0.03 см²/с.

Рассчитайте время, необходимое для полного извлечения металла из оксида при 600°C .

9. Небольшие частицы карбида кальция подаются в слой диаметром 5.7 см, где они реагируют с чистым азотом согласно уравнению:



Частицы не изменяются в размерах; время их полного превращения 200 мин.

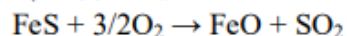
Задание:

а) выберите модель, подходящую для описания кинетики этого процесса, и определите константы скорости;

б) рассчитайте промышленный реактор с псевдооживленным слоем, работающий при $T = 1120^\circ\text{C}$. Средний диаметр частиц 0.3 мм; выход продукта F_1

г) рассчитайте реакторную систему, первой ступенью которой является псевдооживленный слой, второй – движущийся слой, приняв среднюю степень превращения в псевдооживленном слое 0.8, высоту псевдооживленного слоя $L = 0.5d$, $\rho = 2.29$ г/см³, порозность $\epsilon = 0.45$.

10. Предполагается осуществить процесс удаления свободной серы из серосодержащих пиритных руд в две стадии. На первой стадии нагретая смесь двуокиси серы и азота контактирует со свежими частицами, при этом из частиц испаряется свободная сера. На второй – оставшийся сульфид серы подвергается обжигу воздухом, а образующиеся при этом горячие газы используются на первой стадии. Уравнение реакции обжига:



Разработать испаритель первой стадии.

Исследования опытного испарителя показали, что время полного испарения свободной серы $\tau_n = 15$ с, при $T = 400^\circ\text{C}$ и диаметр частиц 0.22 мм. Габариты испарителя определить для производительности 36 т/ч и 99.5% очистке от свободной серы. Принять, что плотность твердого вещества 2.5 г/см³; порозность псевдооживленного слоя 0.45 и его высота 0.3 м.

12. При удвоении размера частиц от R до $2R$ время их полного превращения увеличивается в три раза.

Каков вклад внутренней диффузии в общее сопротивление гетерогенного процесса, если размер частиц: а) R , б) $2R$?

13. Сферические твердые частицы вещества В изотермически обжигаются газом постоянного состава. Протекающий гетерогенный процесс $A(g) + B(тв) = P(g) + S(тв)$ можно описать моделью с фронтальным перемещением зоны реакции. Определите лимитирующую стадию этого процесса, если в ходе эксперимента были получены следующие данные:

а) частицы диаметром 1 мм полностью реагируют за 4 мин., а диаметром 1.5 мм – за 6 мин;

б) частицы диаметром 1 мм полностью реагируют за 200 с, а диаметром 1.5 мм – за 450 с;

в) частицы диаметром 1 мм за 1 с реагируют на 87.5%, а диаметром 1 мм за 1 с реагируют полностью.

Темы рефератов

- 1 Химические реакторы
- 2 Классификация химических реакторов и режимов их работы
- 3 Реактор идеального вытеснения
- 4 Реакторы идеального смешения периодического действия
- 5 Последовательные и параллельные схемы реакторов
- 6 Реактор идеального смешения непрерывного действия
- 7 Каскад реакторов
- 8 Графический метод расчета
- 9 Аналитический метод расчета
- 10 Сравнение эффективности проточных реакторов идеального смешения вытеснения
11. Основные модели химических реакторов
- 12 Теория химических реакторов
13. Гомогенизаторы и реакторы
14. Исследование химического реактора как объекта управления

Тема 3 Математические расчеты химических реакторов

Вопросы для собеседования

1. Дайте понятие «модель частицы с не взаимодействующим ядром».
2. Какие кинетические модели обычно используют для описания гетерогенных процессов, в которых газ или жидкость контактируют с твердым телом и взаимодействуют с ним, образуя целевой продукт?
3. Какое общее кинетическое уравнение описывает процесс взаимодействия частиц твердого вещества с окружающим газом в модели «частицы с не взаимодействующим ядром»?
4. Что понимается под лимитирующей стадией процесса?
- 5 Какие стадии могут быть лимитирующими при протекании процесса в системе «газ – твердое тело»?
6. Приведите характеристические уравнения гетерогенного процесса в системе «газ – твердое тело» при различных лимитирующих стадиях.
7. Предложите пути интенсификации процесса.
8. Укажите практические способы определения области протекания процесса в системе «газ – твердое тело».
9. В чем заключаются различия в расчете реакторов для проведения гетерогенных процессов в системе «газ – твердое тело» в случаях, когда твердая фаза состоит из частиц одного размера и когда она характеризуется каким-то распределением частиц по размерам?
10. В чем заключается метод моделирования?
11. Сравните эффективность реакторов идеального вытеснения и идеального смешения для различных типов реакций.

12. Как влияет структура потока на селективность и выход целевого продукта?
 13. Как подобрать тип реактора, обеспечивающего максимальную селективность для параллельной реакции по продукту R (целевому)?

Вопросы для контрольного опроса

1. Какое общее кинетическое уравнение описывает процесс взаимодействия частиц твердого вещества с окружающим газом в модели «частицы с невзаимодействующим ядром»?
2. Что понимается под лимитирующей стадией процесса?
3. Какие стадии могут быть лимитирующими при протекании процесса в системе «газ – твердое тело»?
4. Приведите характеристические уравнения гетерогенного процесса в системе «газ – твердое тело» при различных лимитирующих стадиях.
Предложите пути интенсификации процесса в системе «газ – твердое тело» при различных лимитирующих стадиях.
5. Укажите практические способы определения области протекания процесса в системе «газ – твердое тело»?
6. В чем заключаются различия в расчете реакторов для проведения гетерогенных процессов в системе «газ – твердое тело» в случаях, когда твердая фаза состоит из частиц одного размера и когда она характеризуется каким-то распределением частиц по размерам?
7. В чем заключается различие между действительным и средним временем пребывания реагентов в проточном реакторе?
8. Для какого типа проточных реакторов действительное и среднее время пребывания совпадают?
9. В каких случаях появляется необходимость численного (например, графического) решения уравнения материального баланса проточного реактора идеального смешения для определения концентрации реагента на выходе из реактора?
10. В чем суть численного (например, графического) решения уравнения материального баланса проточного реактора идеального смешения для определения концентрации реагента на выходе из реактора?
11. Сформулируйте допущения модели идеального вытеснения.
12. При каких условиях можно приблизиться в реальном реакторе к идеальному вытеснению?
13. Почему при ламинарном течении реакционного потока в проточном реакторе режим идеального вытеснения не может быть достигнут?
14. Составьте уравнение материального баланса реактора идеального вытеснения в дифференциальной форме.
15. Какие явления переноса (импульса, теплоты, массы) отражены в этом уравнении?

Защита практической работы

Расчитать и составить материальный баланс непрерывно-действующего реактора окисления метанола в формальдегид при условии, что исходная смесь не содержит побочных целевых и промежуточных продуктов и представляет собой спирто-воздушную смесь. Данные для расчета приведены в табл. .

Таблица - Исходные данные для расчета материального баланса реактора

№ п/п	П, т/г	N, дн/г	x	η	ω	$\alpha_{\text{HCOOH}} : \alpha_{\text{HCHO}} : \alpha_{\text{CO}_2} : \alpha_{\text{CO}} : \alpha_{\text{CH}_4}$
1	200	330	0,60	0,7	0,12	1,8 : 1,6 : 0,1 : 0,3
2	210	335	0,64	0,72	0,14	1,82 : 1,64 : 0,13 : 0,3
3	220	340	0,68	0,75	0,16	1,58 : 1,56 : 0,64 : 0,88

№ п/п	П, т/г	N, дн/г	x	η	ω	$\alpha_{\text{HCOOH}} : \alpha_{\text{CO}_2} : \alpha_{\text{CO}} : \alpha_{\text{CH}_4}$
4	230	345	0,72	0,77	0,18	2,03 : 1,58 : 0,45 : 0,33
5	240	350	0,76	0,80	0,2	1,75 : 1,65 : 0,22 : 0,43
6	250	330	0,8	0,85	0,22	1,68 : 1,07 : 0,15 : 0,43
7	260	335	0,84	0,88	0,24	1,8 : 1,6 : 0,1 : 0,3
8	270	340	0,88	0,93	0,26	1,82 : 1,64 : 0,13 : 0,3
9	280	345	0,92	0,95	0,28	1,58 : 1,56 : 0,64 : 0,88
10	290	350	0,60	0,7	0,3	2,03 : 1,58 : 0,45 : 0,33
11	500	330	0,64	0,72	0,32	1,75 : 1,65 : 0,22 : 0,43
12	550	335	0,68	0,75	0,34	1,68 : 1,07 : 0,15 : 0,43
13	600	340	0,72	0,77	0,36	1,8 : 1,6 : 0,1 : 0,3
14	650	345	0,76	0,80	0,38	1,82 : 1,64 : 0,13 : 0,3
15	700	350	0,8	0,85	0,40	1,58 : 1,56 : 0,64 : 0,88
16	750	330	0,84	0,88	0,12	2,03 : 1,58 : 0,45 : 0,33
17	800	335	0,88	0,93	0,14	1,75 : 1,65 : 0,22 : 0,43
18	850	340	0,92	0,95	0,16	1,68 : 1,07 : 0,15 : 0,43
19	900	345	0,60	0,7	0,18	1,8 : 1,6 : 0,1 : 0,3
20	950	350	0,64	0,72	0,2	1,82 : 1,64 : 0,13 : 0,3
21	1000	330	0,68	0,75	0,22	1,58 : 1,56 : 0,64 : 0,88
22	1200	335	0,72	0,77	0,24	2,03 : 1,58 : 0,45 : 0,33

Тема 4 Тепловые балансы химических реакторов

Вопросы для собеседования

1. В чем состоят принципиальные различия в условиях теплообмена для изотермического и адиабатического режимов работы реактора?
2. Составьте систему уравнений материального и теплового балансов для изотермического реактора идеального смешения.
3. Почему нельзя найти аналитическое решение системы уравнений материального и теплового балансов адиабатического реактора идеального смешения, работающего в стационарном режиме, относительно температуры в реакторе и достигаемой в нем степени превращения?
4. Используя графическое решение системы уравнений материального и теплового балансов адиабатического реактора идеального смешения, проанализируйте возможности увеличения

достигаемой в реакторе степени превращения в случае проведения в нем необратимой реакции.

5 Используя графическое решение системы уравнений материального и теплового балансов адиабатического реактора идеального смешения, проанализируйте возможности увеличения достигаемой в реакторе степени превращения в случае проведения в нем обратимой эндотермической реакции.

5 Используя графическое решение системы уравнений материального и теплового балансов адиабатического реактора идеального смешения, проанализируйте возможности увеличения достигаемой в реакторе степени превращения в случае проведения в нем обратимой экзотермической реакции.

6. Найдите графическое решение системы уравнений материального и теплового балансов реактора идеального смешения промежуточного типа при проведении в нем обратимой эндотермической реакции.

7. Составьте алгоритм и схему расчета на ЭВМ распределения степени превращения по длине реактора идеального вытеснения с промежуточным тепловым режимом, при проведении в нем необратимой экзотермической реакции первого порядка.

8. Какая величина выбирается в качестве критерия оптимизации при разработке оптимального температурного режима? Обоснуйте сделанный выбор

9. Составьте алгоритм и схему расчета на ЭВМ изменения во времени температуры в периодическом реакторе идеального смешения с рубашкой обогрева, при проведении в нем необратимой эндотермической реакции первого порядка.

10. Термодинамические и кинетические основы химического процесса.

11 Требования к индикаторам, вводимым в реакторы.

12. Материальный и тепловой балансы химического процесса.

13. Степень превращения, выход и избирательность в химическом процессе.

Вопросы для контрольного опроса

1 Сформулируйте основные допущения модели каскада реакторов идеального смешения.

2. Докажите, что модель каскада реакторов идеального смешения является промежуточной между моделями идеального вытеснения и идеального смешения.

3. Какая величина выбирается в качестве критерия оптимизации при разработке оптимального температурного режима? Обоснуйте сделанный выбор

4. Время пребывания, распределение времени пребывания, перемешивание в химических реакторах.

5. Теплообмен в химических реакторах.

6. Принцип расчета реакторов для отдельных химических процессов

7. Чем вызвано отклонение от идеальных моделей в реальных реакторах?

8. С какой целью вводят индикаторы в реакторы?

9 Способы ввода индикаторов.

Защита практической работы

Обратимую экзотермическую реакцию первого порядка $A \xrightleftharpoons[k_2]{k_1} R$ проводят в реакторе идеального вытеснения. Процесс характеризуется следующими параметрами: $\bar{\tau}$ - среднее время пребывания, с; ΔH - тепловой эффект реакции, Дж/кмоль; K_{298} - константа равновесия при 298 К; k_{10} - предэкспоненциальный множитель; ΔE - энергия активации прямой реакции, Дж/кмоль; T - температура проведения процесса, К; C_{A0} - начальная концентрация вещества А, кмоль/м³.

Возможны два температурных режима проведения процесса: при поддержании в реакторе одинаковой температуры и в соответствии с линией оптимальных температур.

Требуется определить: 1) оптимальную температуру, обеспечивающую максимальную степень превращения при проведении процесса по первому варианту при принятом $\bar{\tau}$;

2) время проведения процесса по линии оптимальных температур до той же степени превращения, что и при проведении процесса в оптимальных условиях по первому варианту.

Исходные данные по вариантам приведены в табл.

Таблица - Данные для расчета оптимальных параметров химико-технологического процесса

№ п/п	$\bar{\tau}$, с	$\Delta H \cdot 10^{-6}$, Дж/кмоль	K_{298}	$k_{10} \cdot 10^{-5}$	$\Delta E \cdot 10^{-6}$, Дж/кмоль	C_{A0} , кмоль/м ³
1	3000	-62	15,5	0,8	38	0,9
2	3125	-64	16	0,9	39,5	0,95
3	3250	-66	16,5	1	41	1
4	3375	-68	17	1,1	42,5	1,05
5	3500	-70	17,5	1,2	44	1,1
6	3625	-72	18	1,3	45,5	1,15
7	3750	-74	18,5	1,4	47	1,20
8	3875	-76	19	1,5	48,5	1,25
9	4000	-78	19,5	1,6	50	1,3
10	3000	-80	20	1,7	51,5	1,35
11	3125	-82	20,5	1,8	53	1,4
12	3250	-84	21	1,9	54,5	1,45
13	3375	-86	21,5	2	56	1,5
14	3500	-88	22	0,8	57,5	0,9
15	3625	-90	22,5	0,9	59	0,95
16	3750	-62	23	1	60,5	1
17	3875	-64	23,5	1,1	38	1,05
18	4000	-66	24	1,2	39,5	1,1
19	3000	-68	15,5	1,3	41	1,15
20	3125	-70	16	1,4	42,5	1,20
21	3250	-72	16,5	1,5	44	1,25
22	3375	-74	17	1,6	45,5	1,3

Тесты для опроса

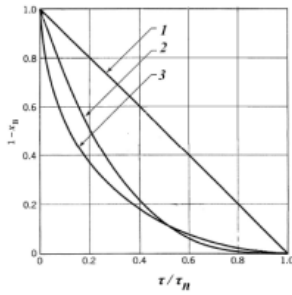
1. По уравнению, представленному на рисунке в химической практике определяют

$$K = G_{\text{реак. вып}} / G$$

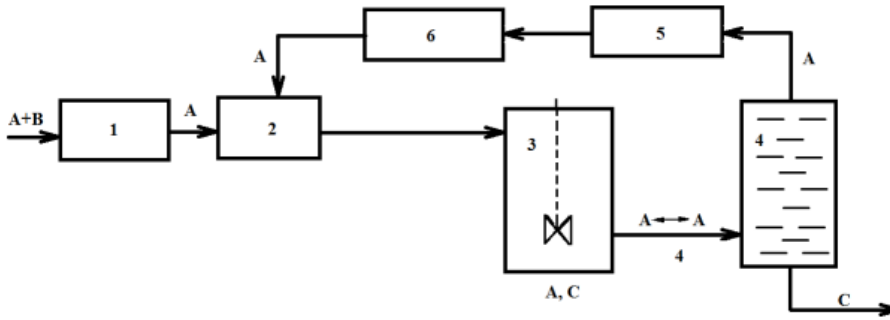
2. По формуле, представленной на рисунке, G – это ...

$$K = G_{\text{реак. вып}} / G$$

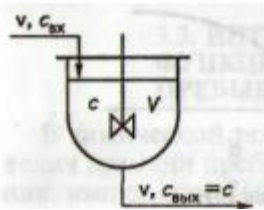
3. На рисунке представлена зависимость степени превращения от относительного времени пребывания твердой частицы в реакторе при лимитировании процесса ...



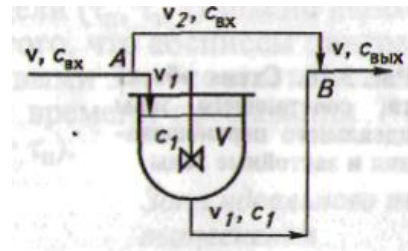
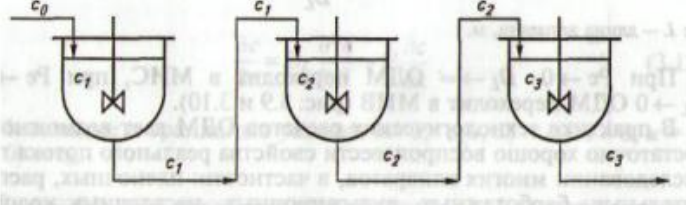
4. Схема какого процесса представлена на рисунке



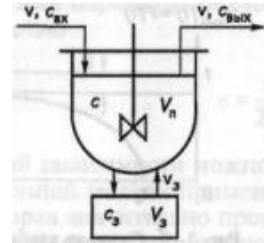
5. Схема какого процесса представлена на рисунке



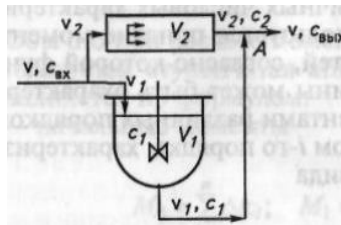
6. Схема какого процесса представлена на рисунке



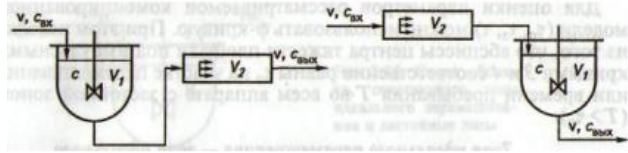
7. Схема какого процесса представлена на рисунке



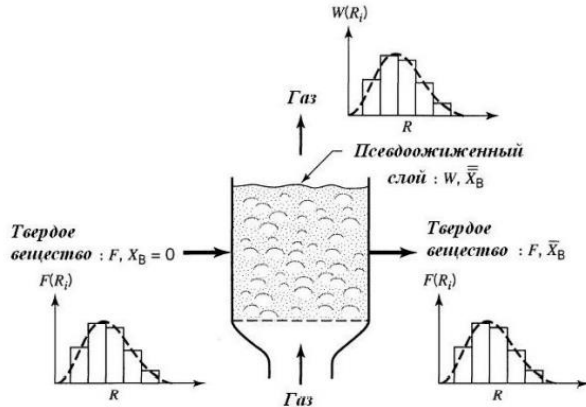
8. Схема какого процесса представлена на рисунке



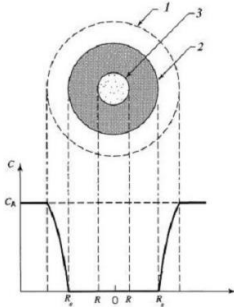
9. Схема какого процесса представлена на рисунке



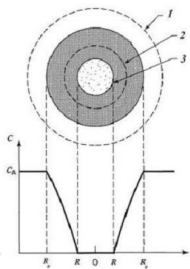
- 10 Схема какого процесса представлена
 11 Описание какого процесс на схеме



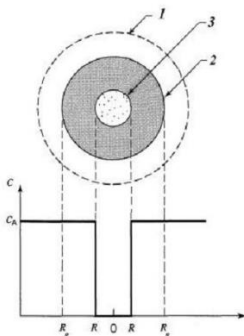
12. Изменение концентрации газообразного реагента А в ходе реакции лимитируемой диффузией.....



13. Изменение концентрации газообразного реагента А в ходе реакции лимитируемой диффузией.....



14. Изменение концентрации газообразного реагента А в ходе реакции лимитируемой диффузией.....



Темы рефератов

1. Гетерогенные процессы и реакторы
2. Реакторы для каталитических реакций, их классификация

3. Кинетика гетерогенного катализа
4. Состав катализаторов и требования к ним. Методы приготовления катализаторов
5. Регенерация катализаторов
6. Устройство, принцип действия, область применения, преимущества и недостатки реактора с неподвижным слоем катализатора
7. Устройство, принцип действия, область применения, преимущества и недостатки шахтного реактора
8. Устройство, принцип действия, область применения, преимущества и недостатки трубчатого реактора
9. Устройство, принцип действия, область применения, преимущества и недостатки роторного реактора
10. Устройство, принцип действия, область применения, преимущества и недостатки полочного реактора
11. Теплообмен в аппаратах с неподвижным слоем катализатора
12. Способы обеспечения постоянства температур каталитической зоны
13. Расчет каталитического реактора по удельной производительности катализатора
14. Расчет реактора адиабатического типа
15. Расчет реактора с теплообменной поверхностью, имеющей постоянную температуру
16. Графический метод расчета каталитического реактора
17. Реактор с кипящим слоем катализатора, устройство, принцип действия, область применения, преимущества и недостатки
18. Особенности теплообмена в реакторах с кипящим слоем катализатора
19. Методика расчета реактора с кипящим слоем катализатора

Критерии оценки реферата

При оценивании реферата учитываются следующие признаки:

Содержание: обоснование актуальности; глубина раскрытия; наличие элементов новизны теоретического или практического характера; соответствие содержания работы теме, целям.

Результаты: правильность и полнота разработки проблемы; обоснованность сделанных выводов; значимость выводов для последующей практической деятельности; уровень самостоятельности обобщений и выводов.

Оформление работы: логичность; грамотность; соответствие стандартам.

Защита работы: умение ориентироваться в исследуемой теме; умение правильно излагать свои мысли; умение аргументировано отвечать на вопросы.

Шкала оценивания:

5-балльная. Критерии оценивания:

5 баллов (или оценка «отлично») выставляется обучающемуся, если он принимает активное участие в беседе по большинству обсуждаемых вопросов (в том числе самых сложных); демонстрирует сформированную способность к диалогическому мышлению, проявляет уважение и интерес к иным мнениям; владеет глубокими (в том числе дополнительными) знаниями по существу обсуждаемых вопросов, ораторскими способностями и правилами ведения полемики; строит логичные, аргументированные, точные и лаконичные высказывания, сопровождаемые яркими примерами; легко и заинтересованно откликается на неожиданные ракурсы беседы; не нуждается в уточняющих и (или) дополнительных вопросах преподавателя.

4 балла (или оценка «хорошо») выставляется обучающемуся, если он принимает участие в обсуждении не менее 50% дискуссионных вопросов; проявляет уважение и интерес к иным мнениям, доказательно и корректно защищает свое мнение; владеет хорошими знаниями вопросов, в обсуждении которых принимает участие; умеет не столько вести полемику, сколько участвовать в ней; строит логичные, аргументированные высказывания, сопровождаемые подходящими примерами; не всегда откликается на неожиданные ракурсы беседы; не нуждается в уточняющих и (или) дополнительных вопросах преподавателя.

3 балла (или оценка «удовлетворительно») выставляется обучающемуся, если он принимает участие в беседе по одному-двум наиболее простым обсуждаемым вопросам; кор-

ректно выслушивает иные мнения; неуверенно ориентируется в содержании обсуждаемых вопросов, порой допуская ошибки; в полемике предпочитает занимать позицию заинтересованного слушателя; строит краткие, но в целом логичные высказывания, сопровождаемые наиболее очевидными примерами; теряется при возникновении неожиданных ракурсов беседы и в этом случае нуждается в уточняющих и (или) дополнительных вопросах преподавателя.

2 балла (или оценка «неудовлетворительно») выставляется обучающемуся, если он не владеет содержанием обсуждаемых вопросов или допускает грубые ошибки; пассивен в обмене мнениями или вообще не участвует в дискуссии; затрудняется в построении монологического высказывания и (или) допускает ошибочные высказывания; постоянно нуждается в уточняющих и (или) дополнительных вопросах преподавателя

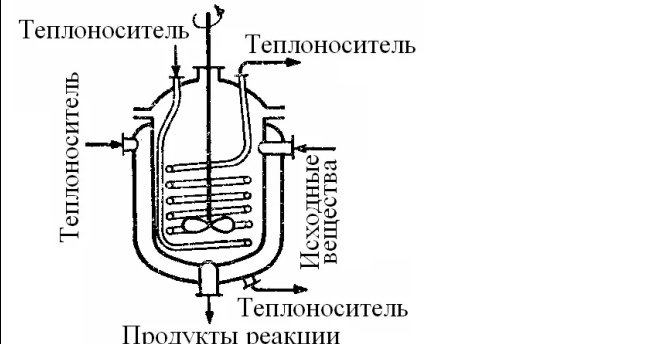
2 ОЦЕНОЧНЫЕ СРЕДСТВА ДЛЯ ПРОВЕДЕНИЯ ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ ОБУЧАЮЩИХСЯ

1. При каком режиме организации процесса в реакторе отсутствует теплообмен с окружающей средой и тепло химической реакции полностью расходуется на изменение температуры реакционной смеси

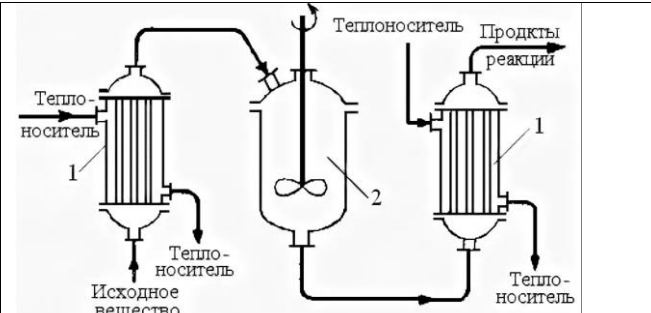
адиабатическом изотермическом политропическом нет правильного ответа

2. Определить порядок реакции в зависимости от размерности константы скорости (л/моль с)
Нулевой первый второй третий

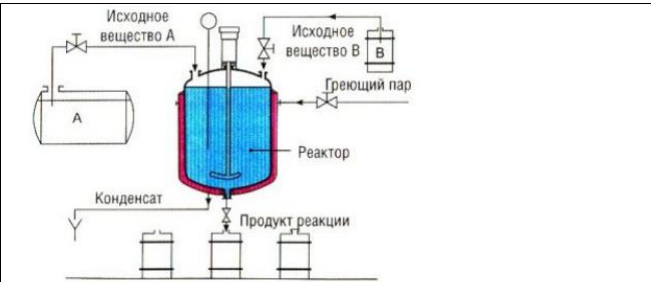
3. На рисунке представлен

	<ol style="list-style-type: none"> 1 Реактор периодического действия 2 Реактор непрерывного действия 3 Реактор идеального вытеснения 4 Адиабатический режим процессов 5 Изотермический режим процессов
--	---


4 На рисунке представлен

	<ol style="list-style-type: none"> 1 Схема процесса периодического действия 2 Схема процесса непрерывного действия 3 Реактор идеального вытеснения 4 Адиабатический режим процессов 5 Изотермический режим процессов
---	---

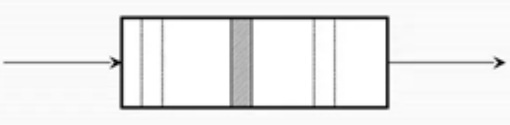
5 На рисунке представлен

	<ol style="list-style-type: none"> 1 Схема процесса периодического действия 2 Схема процесса непрерывного действия 3 Реактор идеального вытеснения 4 Адиабатический режим процессов 5 Изотермический режим процессов
---	---

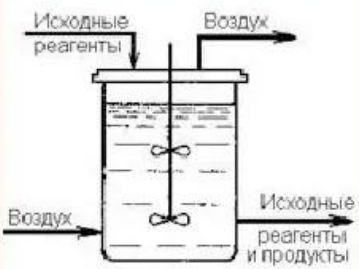
6. На рисунке представлен

	<ol style="list-style-type: none"> 1 Схема процесса периодического действия 2 Схема процесса непрерывного действия 3 Реактор идеального вытеснения 4 Адиабатический режим процессов 5 Изотермический режим процессов 6 реактор идеального смешения
---	--

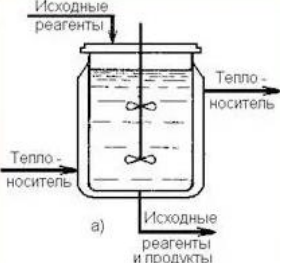
7. На рисунке представлен

	<ol style="list-style-type: none"> 1 Схема процесса периодического действия 2 Схема процесса непрерывного действия 3 Реактор идеального вытеснения 4 Адиабатический режим процессов 5 Изотермический режим процессов 6 реактор идеального смешения
---	--

8. На рисунке представлен

	<ol style="list-style-type: none"> 1 Схема процесса периодического действия 2 Схема процесса непрерывного действия 3 Реактор идеального вытеснения 4 Адиабатический режим процессов 5 Изотермический режим процессов 6 реактор идеального смешения
--	--

9. На рисунке представлен

	<ol style="list-style-type: none"> 1 Схема процесса периодического действия 2 Схема процесса непрерывного действия 3 Реактор идеального вытеснения 4 Адиабатический режим процессов 5 Изотермический режим процессов 6 реактор идеального смешения
---	--

10 среди реакторов, представленных на рисунке, к реакторам идеального вытеснения не относят реактор

А) все относят;

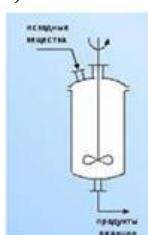
Б) 1

В) 1 и 2

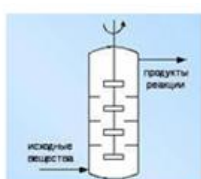
Г) 3

Д) 4

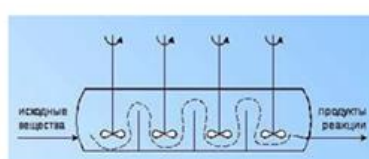
Е) все не относят



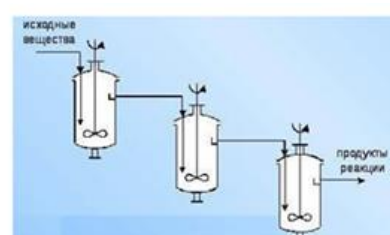
1



2



3



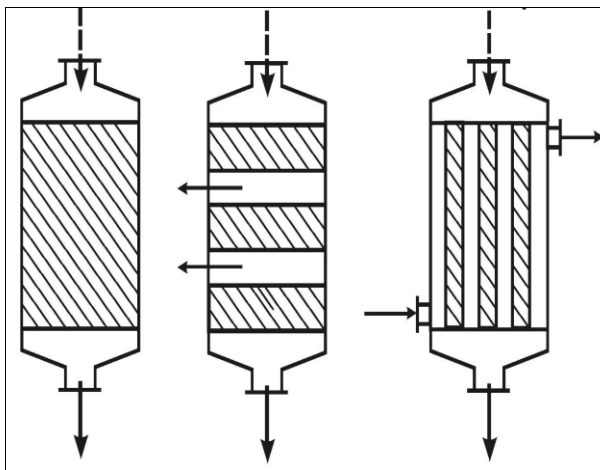
4

11. На рисунке представлен



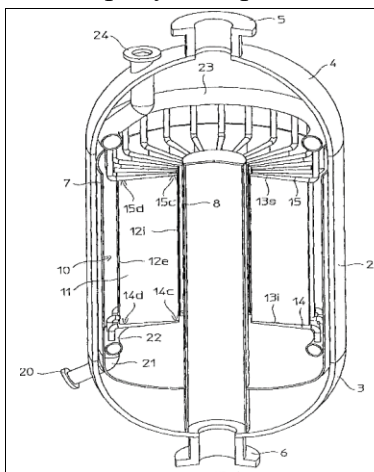
- 1 Схема процесса периодического действия
- 2 Схема процесса непрерывного действия
- 3 Реактор идеального вытеснения
- 4 Адиабатический режим процессов
- 5 Изотермический режим процессов
- 6 реактор идеального смешения

12 На рисунке представлен реактор



- 1 Периодического действия
- 2 Непрерывного действия
- 3 Реактор идеального вытеснения
- 4 Адиабатический многослойный
- 5 Изотермический

13 На рисунке представлен реактор

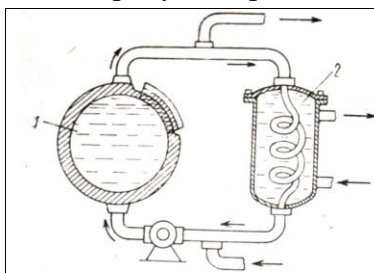


- 1 Периодического действия
- 2 Непрерывного действия
- 3 Реактор идеального вытеснения
- 4 Адиабатический многослойный
- 5 Изотермический

14 По фазовому составу реагирующей смеси реакторы подразделяют

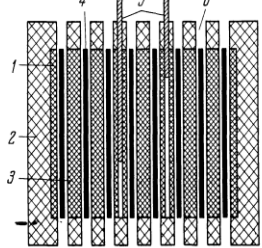
4. Гомогенные, гетерогенные, гетерогенно-каталитические;
5. Однофазные, многофазные, двухфазные
6. Периодические, непрерывные, полунепрерывные

15. На рисунке представлен реактор

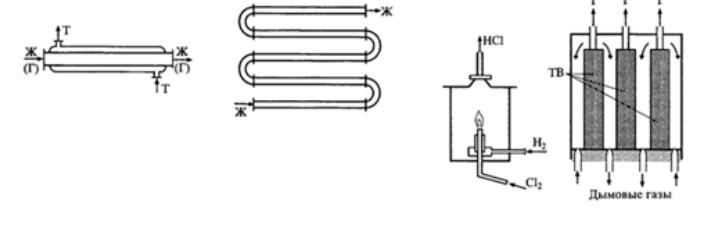


- 1 гомогенный
- 2 гетерогенный
- 3 гетерогенно-каталитический
- 4 Адиабатический многослойный
- 5 Изотермический

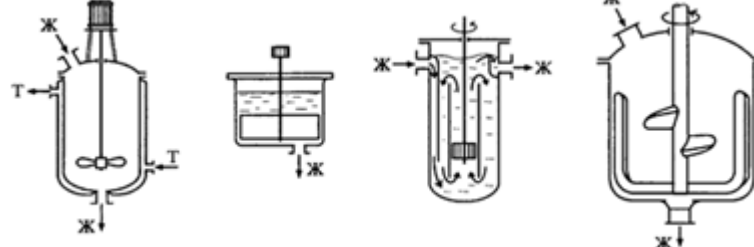
15. На рисунке представлен реактор

	<p>1 гетерогенный 2 гомогенный 3 гетерогенно-каталитический 4 Адиабатический многослойный 5 Изотермический</p>
---	--

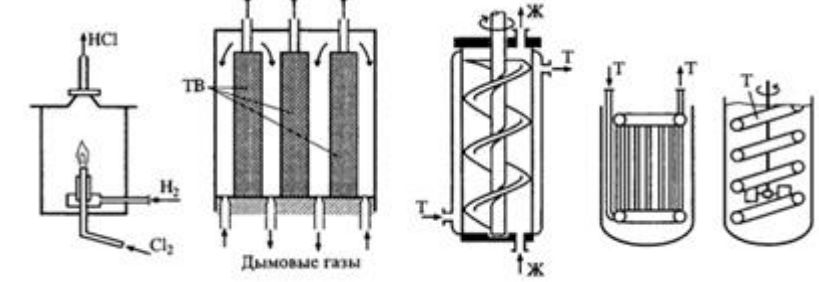
16. На рисунке представлен реакторы по классификации относящиеся к

	<p>1 гомогенным 2 гетерогенным 3 изотермическим 4 адиабатическим 5 непрерывные</p>
---	--

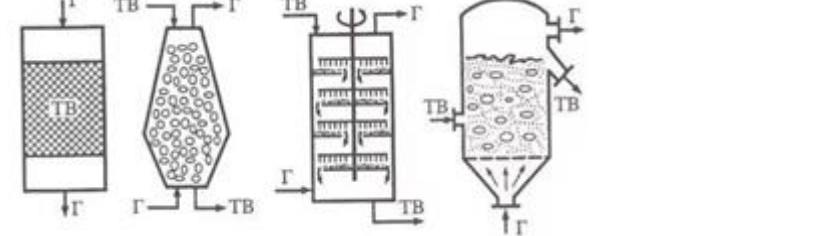
17. На рисунке представлен реакторы по классификации относящиеся к

	<p>1 гомогенным 2 гетерогенным 3 изотермическим 4 адиабатическим 5 непрерывные</p>
--	--

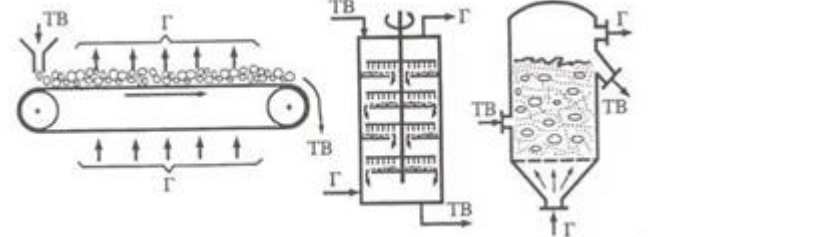
18. На рисунке представлен реакторы по классификации относящиеся к

	<p>1 гомогенным 2 гетерогенным 3 изотермическим 4 адиабатическим 5 непрерывные</p>
--	--

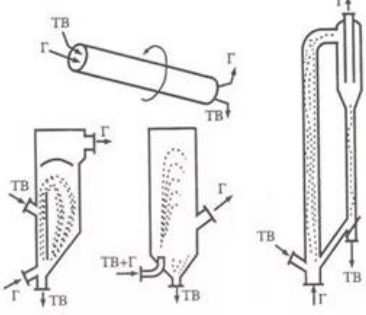
19. На рисунке представлен реакторы по классификации относящиеся к

	<p>1 гетерогенным 2 гомогенным 3 изотермическим 4 адиабатическим 5 непрерывные</p>
--	--

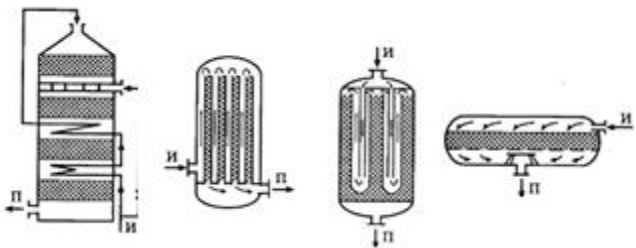
20. На рисунке представлен реакторы по классификации относящиеся к

	<p>1 гетерогенным 2 гомогенным 3 изотермическим 4 адиабатическим 5 непрерывные</p>
--	--

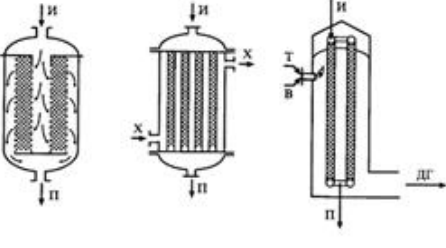
21. На рисунке представлено реакторы по классификации относящиеся к

	<p>1 гетерогенным 2 гомогенным 3 изотермическим 4 адиабатическим 5 непрерывные</p>
---	--

22. На рисунке представлено реакторы по классификации относящиеся к

	<p>1 гетерогенно-каталитическим 2 гомогенным 3 изотермическим 4 адиабатическим 5 гетерогенным</p>
---	---

23. На рисунке представлено реакторы по классификации относящиеся к

	<p>1 гетерогенно-каталитическим 2 гомогенным 3 изотермическим 4 адиабатическим 5 гетерогенным</p>
--	---

24. На рисунке представлено реакторы по классификации относящиеся к

	<p>1 гетерогенно-каталитическим 2 гомогенным 3 изотермическим 4 адиабатическим 5 гетерогенным</p>
---	---

25 По типу конструкции химические реакторы подразделяют на

5. емкостные, колонные, трубчатые.
6. Гомогенные, гетерогенные, гетерогенно-каталитические;
7. Однофазные, многофазные, двухфазные
8. Периодические, непрерывные, полунепрерывные

Шкала оценивания результатов тестирования:

В соответствии с действующей в университете балльно-рейтинговой системой оценивание результатов промежуточной аттестации обучающихся осуществляется в рамках 100-балльной шкалы, при этом максимальный балл по промежуточной аттестации обучающихся по очной форме обучения составляет 36 баллов, по очно-заочной и заочной формам обучения – 60 баллов (установлено положением П 02.016).

Максимальный балл за тестирование представляет собой разность двух чисел: максимального балла по промежуточной аттестации для данной формы обучения (36 или 60) и максимального балла за решение компетентностно-ориентированной задачи (6). Балл, полученный обучающимся за тестирование, суммируется с баллом, выставленным ему за решение компетентностно-ориентированной задачи.

Общий балл по промежуточной аттестации суммируется с баллами, полученными обучающимся по результатам текущего контроля успеваемости в течение семестра; сумма баллов переводится в оценку по дихотомической шкале (для зачета) или в оценку по 5-балльной шкале (для экзамена) следующим образом:

Соответствие 100-балльной и дихотомической шкал

Сумма баллов по 100-балльной шкале	Оценка по дихотомической шкале
100–50	зачтено
49 и менее	не зачтено

Соответствие 100-балльной и 5-балльной шкал

Сумма баллов по 100-балльной шкале	Оценка по дихотомической шкале
100–85	отлично
84–70	хорошо
69–50	удовлетворительно
49 и менее	неудовлетворительно

Критерии оценивания результатов тестирования:

Каждый вопрос (задание) в тестовой форме оценивается по дихотомической шкале: выполнено – 2 балла, не выполнено – 0 баллов

Задание в закрытой форме:

1 Выберите правильную запись уравнения математической модели РИВ, работающего в нестационарных условиях

$$\begin{array}{ccc} -\omega \frac{\partial C_A}{\partial l} = r_A & -\frac{\partial C_A}{\partial \tau} = r_A & \frac{\partial C_A}{\partial \tau} = -\omega \frac{\partial C_A}{\partial l} - r_A \\ \text{а)} & \text{б)} & \text{в)} \end{array}$$

2. Выберите правильную запись уравнения математической модели РИВ, работающего в стационарных условиях

$$\begin{array}{ccc} -\omega \frac{\partial C_A}{\partial l} = r_A & -\frac{\partial C_A}{\partial \tau} = r_A & \frac{\partial C_A}{\partial \tau} = -\omega \frac{\partial C_A}{\partial l} - r_A \\ \text{а)} & \text{б)} & \text{в)} \end{array}$$

3. Выберите правильную запись характеристического уравнения реактора

$$\begin{array}{ccc} dC_A = -C_{A,0} dx_A & -\frac{\partial C_A}{\partial \tau} = r_A & \tau = f(C_0, x, r) \\ \text{а)} & \text{б)} & \text{в)} \end{array}$$

4. Характеристическое уравнение реактора периодического действия имеет вид

$$\begin{array}{ccc} \frac{\partial C_A}{\partial \tau} = -\omega \frac{\partial C_A}{\partial l} - r_A & -\frac{\partial C_A}{\partial \tau} = r_A & \tau = C_{A,0} \int_0^{x_A} \frac{dx_A}{r_A} \\ \text{а)} & \text{б)} & \text{в)} \end{array}$$

5. Процесс характеризуется последовательным, раздельным по времени протеканием стадий загрузки сырья, ввода реактора на заданный режим, проведения химического процесса, вывода реактора из рабочего режима, выгрузки прореагировавшей смеси

- А периодический
- Б непрерывный
- В адиабатический
- Г все перечисленные

7. Периодические процессы предпочтительно использовать в следующих ситуациях:

- А) все перечисленные
- Б) малотоннажные производства;
- В) частая смена ассортимента продукции;

- Г) малая скорость протекания реакции;
- Д) проведение лабораторных и научно-исследовательских работ.

8. Непрерывные процессы характеризуются

- А) все перечисленные
- Б) непрерывное получение продукта;
- В) легкость автоматического регулирования и механизации;
- Г) устойчивость технологического режима;
- Д) облегчается стандартизация оборудования;

9. Ёмкостные аппараты с мешалкой или циркуляционным насосом - это

- А) Реакторы смешения
- Б) Реакторы вытеснения
- В) гетерогенные реакторы;
- Г) колонные реакторы

10 Трубчатые аппараты, имеющие вид удлиненного канала с перемешиванием локального характера и неравномерным распределением скорости потока и ее флуктуациями

- А) Реакторы вытеснения
- Б) Реакторы смешения
- В) гетерогенные реакторы;
- Г) колонные реакторы

11 При адиабатическом режиме

А) отсутствует теплообмен с окружающей средой и тепло химической реакции полностью расходуется на изменение температуры реакционной смеси;

Б) реакторе поддерживают постоянную температуру в ходе всего процесса путем отвода или подвода тепла;

В) реакторе отсутствует теплообмен с окружающей средой и тепло химической реакции полностью расходуется на изменение температуры реакционной смеси

Г) все перечисленное

12 При изотермическом режиме

А) реакторе поддерживают постоянную температуру в ходе всего процесса путем отвода или подвода тепла;

Б) отсутствует теплообмен с окружающей средой и тепло химической реакции полностью расходуется на изменение температуры реакционной смеси;

В) реакторе отсутствует теплообмен с окружающей средой и тепло химической реакции полностью расходуется на изменение температуры реакционной смеси

Г) все перечисленное

13. При политропическом режиме

А) реакторе отсутствует теплообмен с окружающей средой и тепло химической реакции полностью расходуется на изменение температуры реакционной смеси

Б) отсутствует теплообмен с окружающей средой и тепло химической реакции полностью расходуется на изменение температуры реакционной смеси;

В) реакторе поддерживают постоянную температуру в ходе всего процесса путем отвода или подвода тепла;

Г) все перечисленное

14. Выражение -

$$\frac{\partial C_A}{\partial \tau} = -\omega_x \frac{\partial C_A}{\partial x} - \omega_y \frac{\partial C_A}{\partial y} - \omega_z \frac{\partial C_A}{\partial z} + D \left(\frac{\partial^2 C_A}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 C_A}{\partial y^2} + \frac{\partial^2 C_A}{\partial z^2} \right) - r_A ,$$

А) уравнение материального баланса;

Б) изменение концентрации реагента А в элементарном объеме вследствие переноса его реакционной средой (вместе с самой средой) в направлении, совпадающем с направлением общего потока (конвективный перенос)

В) изменение концентрации реагента А в элементарном объеме в результате переноса его путем диффузии (диффузионный перенос)

Г) всё перечисленное

15 Выражение –

$$-\omega_x \frac{\partial C_A}{\partial x} - \omega_y \frac{\partial C_A}{\partial y} - \omega_z \frac{\partial C_A}{\partial z}$$

А) конвективный перенос

Б) уравнение материального баланса;

В) диффузионный перенос

Г) всё перечисленное

16. Выражение –

$$D \left(\frac{\partial^2 C_A}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 C_A}{\partial y^2} + \frac{\partial^2 C_A}{\partial z^2} \right)$$

А) диффузионный перенос

Б) уравнение материального баланса;

В) конвективный перенос

Г) всё перечисленное

Задание в открытой форме:

1 Гидродинамические и физико-химические параметры, используемые для описания «элементарных» процессов, например, движения потоков фаз, тепло- и массопередачи, химических реакций относятся к ... _____

2. Реакторы идеального смешения - это ... _____

3. Реакторы идеального вытеснения - это ... _____

4. Характеристики процессов тепло- и массопередачи и химических реакций, например, коэффициенты тепло- и массопередачи, константы скорости химических реакций и т. п. относят к ... _____

5. Характеристики движения потоков веществ в модели, обусловленные видом движения потока, например, коэффициент продольного перемешивания вещества в потоке, число ячеек перемешивания в ячеечной модели и т. п. можно отнести к _____

6. Совокупность операций по переработке сырья с целью получения требуемых продуктов, который может быть реализован как в отдельном аппарате, так и в определенной последовательности аппаратов _____

7. РИС-П – это _____

8. РИВ – это _____

9. Математическая модель РИВ, работающего в нестационарных условиях _____

10. Промышленный химический процесс _____

11 Химический реактор _____

12 Классификация химических реакторов _____

13 Для идеального смешения характерно _____

14 Различие между действительным и средним временем пребывания реагентов в проточном реакторе _____

15 Среднее время пребывания _____

Компетентностно-ориентированная задача.

Критерии оценивания решения компетентностно-ориентированной задачи

6-5 баллов выставляется обучающемуся, если решение задачи демонстрирует глубокое понимание обучающимся предложенной проблемы и разностороннее ее рассмотрение; свободно конструируемая работа представляет собой логичное, ясное и при этом краткое, точное описание хода решения задачи (последовательности (или выполнения) необходимых трудовых действий) и формулировку доказанного, правильного вывода (ответа); при этом обучающимся предложено несколько вариантов решения или оригинальное, нестандартное решение (или наиболее эффективное, или наиболее рациональное, или оптимальное, или единственно правильное решение); задача решена в установленное преподавателем время или с опережением времени.

4-3 балла выставляется обучающемуся, если решение задачи демонстрирует понимание обучающимся предложенной проблемы; задача решена типовым способом в установленное преподавателем время; имеют место общие фразы и (или) несущественные недочеты в описании хода решения и (или) вывода (ответа).

2-1 балла выставляется обучающемуся, если решение задачи демонстрирует поверхностное понимание обучающимся предложенной проблемы; осуществлена попытка шаблонного решения задачи, но при ее решении допущены ошибки и (или) превышено установленное преподавателем время.

0 баллов выставляется обучающемуся, если решение задачи демонстрирует непонимание обучающимся предложенной проблемы, и (или) значительное место занимают общие фразы и голословные рассуждения, и (или) задача не решена.

1. Определите объем реактора идеального вытеснения для проведения обратимой реакции $A \xrightleftharpoons[k_2]{k_1} R$ с целью достижения степени превращения, составляющей 70 % равновесной, если $k_1 = 0,18 \text{ ч}^{-1}$, $k_2 = 0,24 \text{ ч}^{-1}$, объемный расход $v = 1 \text{ м}^3/\text{ч}$.
2. В реакторе идеального вытеснения проводят реакцию $A + B \longrightarrow R + S$. Определите производительность по продукту R , если $c_{A,0} - c_{B,0} = 2 \text{ кмоль/м}^3$, объем реактора $V = 1,4 \text{ м}^3$, объемный расход $u = 28 \text{ м}^3/\text{ч}$, константа скорости $k = 18 \text{ м}^3/(\text{кмоль} \cdot \text{ч})$.
3. Определите степень превращения на выходе из реактора идеального вытеснения объемом 1 м^3 при проведении реакции, $A \xrightleftharpoons[k_2]{k_1} R$ если объемный расход $v = 2 \text{ м}^3/\text{ч}$, константа скорости прямой реакции $k_1 = 4,6 \text{ ч}^{-1}$, константа равновесия $K_c = 4$.
24. В реакторе идеального вытеснения проводят реакцию $A + 2B \longrightarrow R + 2S$, кинетика, которой описывается уравнением $w_{rA} = k c_A^{0,25} c_B^{0,75}$. Определите объем реактора для достижения степени превращения реагента $x_A = 0,6$, если $k_1 = 1,0 \text{ ч}^{-1}$, $c_{B,0} = 0,8 \text{ кмоль/м}^3$, $c_{A,0} = 0,6 \text{ кмоль/м}^3$, объемный расход $v = 0,01 \text{ м}^3/\text{ч}$.
5. Назовите основную причину, по которой для достижения той же степени превращения при одинаковых условиях проведения реакции в проточном реакторе идеального смешения требуется существенно большее время пребывания реакционной смеси, чем в реакторе идеального вытеснения или в периодическом реакторе идеального смешения?
6. Проанализируйте достоинства и недостатки проточного реактора, режим которого близок к идеальному смешению, по сравнению с реактором, режим в котором близок к идеальному вытеснению.
7. В проточном реакторе идеального смешения при проведении реакции первого порядка $A \rightarrow R$ достигнута степень превращения реагента A $x_A = 0,8$ при температуре, когда константа скорости $k = 0,2 \text{ ч}^{-1}$.
Во сколько раз меньший объем реактора идеального вытеснения потребуется для проведения этой же реакции при прочих равных условиях (объемный расход и температура)?
8. В реакторе идеального вытеснения при проведении реакции $2A \rightarrow R + S$ получена степень превращения $x_A = 0,75$ при условии, что $c_{A,0} = 1,2 \text{ кмоль/м}^3$, среднее время пребывания в реакторе $\bar{\tau} = 0,5 \text{ ч}$. Определите, какая степень превращения будет достигнута в реакторе идеального смешения при тех же значениях $c_{A,0}$ и $\bar{\tau}$.
9. Реакция $A + B \rightarrow R$ описывается кинетическим уравнением второго порядка. При ее проведении в реакторе идеального вытеснения объемом V достигается степень превращения $x_A = 0,9$, если $c_{B,0} : c_{A,0} = 2$. Каким должно быть отношение начальных концентраций исходных реагентов, чтобы в реакторе идеального смешения равного объема V при равном объемном расходе реакционной смеси достигалась та же степень превращения?
10. Сформулируйте основные допущения модели каскада реакторов идеального смешения.
11. Докажите, что модель каскада реакторов идеального смешения является промежуточной между моделями идеального вытеснения и идеального смешения.
12. Определите степень превращения реагента A при проведении реакции $A + B \xrightarrow{k} R + S$ в двух последовательно соединенных реакторах идеального смешения равного объема $V_1 = V_2 = 0,5 \text{ м}^3$, если $c_{A,0} = c_{B,0} = 2,2 \text{ кмоль/м}^3$, объемный расход $v = 3 \text{ м}^3/\text{ч}$, $k = 2,5 \text{ м}^3/(\text{кмоль} \cdot \text{ч})$.