

## Оценочные материалы для промежуточной аттестации по дисциплине

### Химическая технология

Код, направление подготовки	b040301-Хим-22-4.plx
Направленность (профиль)	ХИМИЯ
Форма обучения	очная
Кафедра-разработчик	Химии
Выпускающая кафедра	Химии

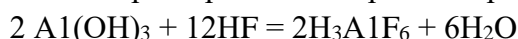
### Типовые задания для контрольной работы 7 семестр

1. Рассчитать расходный коэффициент природного газа, содержащего 97%(об.) метана в производстве уксусной кислоты (расчет вести на одну тонну продукта) из ацетальдегида. Выход ацетиленов из метанола - 15% от теоретического, ацетальдегида - 60%, а уксусной кислоты - 90%.

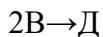
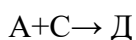
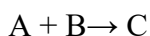
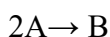
2. Определить теоретические расходные коэффициенты фосфорита, содержащего 30%  $P_2O_5$  и 70%  $H_3PO_4$  (по  $P_2O_5$ ) на одну тонну двойного суперфосфата.

3. Составить материальный баланс печи сжигания серы производительностью 60 т/сутки. Степень окисления серы 0,95 (остальная сера возгоняется и сгорает вне печи). Коэффициент избытка воздуха 1,15. Расчет следует вести на производительность печи по сжигаемой сере в кг/час.

4. Составить материальный баланс производства криолита (на 1т), если процесс описывается следующим суммарным уравнением:  $2 Al(OH)_3 + 12HF + 3Na_2CO_3 = 2Na_3AlF_6 + 3CO_2 + 9H_2O$ . Плавиковую кислоту применяют в виде 15% раствора фтороводорода в воде. Соду берут с 4% недостачи от стехиометрического соотношения для обеспечения необходимой остаточной кислотности. Протекающие при образовании криолита реакции могут быть выражены уравнениями:



5. Составьте стехиометрический баланс для процесса:



если начальная концентрация реагента А 12 моль/л, текущие концентрации веществ А - 0,05 моль/л, С - 0,5 моль/л, Д - 1,5 моль/л.

6. Найдите константу равновесия при температурах 500 и 2000 К для реакции  $H_2O + CO \rightarrow H_2 + CO_2$ , если  $\Delta G_{500} = -20,2$  кДж/моль и  $\Delta G_{2000} = 25,3$  кДж/моль.

7. Используя правило составления кинетических уравнений сложных реакций, запишите кинетическое уравнение расчета скоростей по веществам А, В, R и М для реакции:  $A + B \rightarrow R + S$ ;  $A + R \rightarrow M$  при известных  $k_1, k_2, k_3$ .

8. Определите концентрацию реагента А на выходе из проточного реактора идеального смешения объемом 1,2 м<sup>3</sup>, если для проведения реакции  $A \rightarrow R + S$ , кинетика которой описывается уравнением  $\omega = 3C_A^{1.5}$ , подают реагент А с начальной концентрацией  $C_{A0} = 1,5$  кмоль/м<sup>3</sup> и объемным расходом 3 м<sup>3</sup>/ч.

9. Определите объем реактора идеального вытеснения для проведения реакции  $2A \rightarrow R + S$ , если константа скорости составляет 5 м<sup>3</sup>/(кмоль·ч), начальная концентрация реагента А  $C_{A0} = 2$  кмоль/м<sup>3</sup>, объемный расход 12 м<sup>3</sup>/ч, необходимая степень превращения  $x_A = 0,75$ .

10. Определите число секций каскада реакторов идеального смешения равного объема  $V = 0,5$  м<sup>3</sup>, необходимых для достижения степени превращения  $x_A = 0,65$  при поведении реакции

$A + 2B \rightarrow R + 2S$ , кинетика которой описывается уравнением:  $\omega_A = kCA^{0,5}CB^{1,5}$ , если  $k = 2,5 \text{ м}^3/(\text{кмоль} \cdot \text{ч})$ ,  $C_{A0} = 1 \text{ кмоль/м}^3$ ,  $C_{B0} = 2 \text{ кмоль/м}^3$ , при объемном расходе  $10 \text{ м}^3/\text{ч}$ .

11. Сопоставьте характеристики работы прямоточных и противоточных абсорберов.

12. В насадочном абсорбере диаметром 1 м двуокись серы поглощается водой из воздуха. Начальное содержание  $\text{SO}_2$  в поступающей смеси 7% (об.). Степень поглощения газа 0,9. На выходе из абсорбера вода содержит 0,0072 кг  $\text{SO}_2$ /кг  $\text{H}_2\text{O}$ . Коэффициент массопередачи в абсорбере  $K_y = 0,005 \text{ кг SO}_2/(\text{м}^2 \cdot \text{с} \cdot \text{кг SO}_2/\text{кг H}_2\text{O})$ . Насадка из керамических колец 50x50x5 мм. Коэффициент смачивания насадки - 1, высота единицы переноса  $h_{oy} = 1,17 \text{ м}$ . Определить расход воды в абсорбере, если удельная поверхность насадки составляет  $87,5 \text{ м}^2/\text{м}^3$ . Ответ: 30 т/ч.

13. Во сколько раз увеличится термическое сопротивление стенки стального змеевика, свернутого из трубы диаметром 38x2,5 мм, если покрыть его слоем эмали толщиной 0,5 мм. Считать стенку плоской. Коэффициент теплопроводности стали 46,5 Вт/(м·К). Ответ: 10 раз.

14. Паропровод длиной 40 м диаметром 51x2,5 мм изолирован слоем пробки толщиной 30 мм. Температура поверхности внутри паропровода 175 °С, поверхности изоляции снаружи – 45 °С. Определить количество теплоты, теряемое в 1 час поверхностью паропровода. Коэффициенты теплопроводности стали и изоляции равны соответственно 46,5 Вт/(м·К) и 1,05 Вт/(м·К). Ответ: 1,7563/10<sup>7</sup> Дж.

15. Слой льда на поверхности воды имеет толщину 250 мм. Температура на нижней и верхней поверхности равны 0 °С и –15 °С. Определите тепловой поток через 1 м<sup>2</sup> поверхности льда, если коэффициент теплопроводности составляет 2,25 Вт/(м·К). Как изменится тепловой поток, если лед покроется слоем снега толщиной 155 мм с коэффициентом теплопроводности 0,465 Вт/(м·К), а температура на поверхности снега опустится до –20 °С.

Ответ: 135 Вт/м<sup>2</sup>, 45 Вт/м<sup>2</sup>.

16. Стенка обжиговой печи построена из огнеупорного и строительного кирпича с коэффициентами теплопроводности 0,45 Вт/(м·К) и 0,35 Вт/(м·К). Толщина кладки составляет 120 мм и 200 мм соответственно. Определите потери в окружающую среду, температуру на границе слоев, если температура внутренней поверхности стенки 1200 °С, а наружной 150 °С. Ответ: 1256 Вт/м<sup>2</sup>, 866 °С.

17. Горячий концентрированный раствор, выходящий из выпарного аппарата с температурой 106 °С, используется для подогрева до 50 °С холодного разбавленного раствора, поступающего на выпарку с температурой 15 °С. В теплообменнике концентрированный раствор охлаждается до 60 °С. Определите температурный напор при прямоточном и противоточном движении растворов. Ответ: противоточный 50,5 °С, прямоточный 36,8 °С.

18. 1930 кг/ч бутилового спирта необходимо охлаждать от 90 до 50 °С в противоточном обменнике поверхностью 6 м<sup>2</sup>. Охлаждение проводится водой с начальной температурой 18 °С. Коэффициент теплопередачи в теплообменнике  $K = 230 \text{ Вт/м}^2 \cdot \text{К}$ ;  $\Delta t_{cp}$  – считать как среднее арифметическое. Определите расход воды. Ответ: 4,2 м<sup>3</sup>/ч.

## Типовые задания для контрольной работы 8 семестр

1. Определите концентрацию реагента А на выходе из проточного реактора идеального смешения объемом 1,2 м<sup>3</sup>, если для проведения реакции  $A = R + S$ , кинетика которой описывается уравнением  $\Delta A = 3C_A^{1,5}$ , подают реагент А с начальной концентрацией  $C_{A0} = 1,5 \text{ кмоль/м}^3$  и объемным расходом  $3 \text{ м}^3/\text{ч}$ .

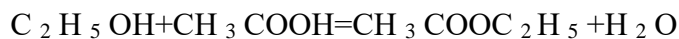
2. Определите объем реактора идеального вытеснения для проведения реакции  $2A = R + S$ , если константа скорости составляет  $5 \text{ м}^3/(\text{кмоль} \cdot \text{ч})$ , начальная концентрация реагента А  $C_{A0} = 2 \text{ кмоль/м}^3$  объемный расход  $12 \text{ м}^3/\text{ч}$ , необходимая степень превращения  $X_A = 0,75$ .

3. Уксусный ангидрид подвергают гидролизу в реакторе с мешалкой, работающем в режиме полного смешения. Концентрация уксусного ангидрида в исходной смеси 0,3 моль/л. Степень превращения 0,7. Объемный расход жидкости постоянен и составляет 20 л/мин. Процесс идет при большом избытке воды. Константа скорости гидролиза  $0,38 \text{ мин}^{-1}$ .

Определите:

1) объем единичного реактора смешения, обеспечивающий заданную степень превращения; 2) реакционный объем, требующийся для проведения того же процесса при тех же условиях в реакторе идеального вытеснения; 3) число единичных реакторов смешения, требующихся для того, чтобы общий реакционный объем приближался к объему реактора вытеснения. Ответ: 123 л, 63,5 л; 8.

4. Для производства 50 т/сут. этилацетата по реакции



запроектирован реактор с мешалкой периодического действия. Реакция протекает в жидкой фазе при температуре 100 °С. Скорость описывается уравнением  $v_A = k[C_A C_B - (C_D C_R / K)]$ , где  $k = 7,93 \times 10^{-6} \text{ м}^3 / (\text{кмоль} \cdot \text{с})$ ,  $K = 2,93$ . Загруженный в реактор водный раствор плотностью 1020 кг/м<sup>3</sup> содержит 23%(масс.) кислоты и 46%(масс.) этанола и не содержит этилацетата. Плотность реакционной смеси остается неизменной на протяжении всего процесса. Заданная степень превращения кислоты 35%.

Время загрузки и разгрузки реактора 1ч. Затем производство перевели на непрерывное, сохраняя тот же состав исходной смеси и ту же степень превращения.

Рассчитайте:

- 1) объем реактора при периодическом производстве;
- 2) какова производительность, если он будет работать непрерывно;
- 3) какой объем реакционной зоны необходим, если реакция проводится непрерывно в трехступенчатом реакторе смешения. Ответ: 52 м<sup>3</sup>; 47 м<sup>3</sup>; 14 м<sup>3</sup>; 42 м<sup>3</sup>.
5. Определите число секций каскада реакторов идеального смешения равного объема  $V = 0,5 \text{ м}^3$ , необходимых для достижения степени превращения  $X_A = 0,65$  при поведении реакции  $A + 2B = R + 2S$ , кинетика которой описывается уравнением:  $v_A = k C_A^{0,5} C_B^{1,5}$ , если  $k = 2,5 \text{ м}^3 / (\text{кмоль} \cdot \text{ч})$ ,  $C_{A0} = 1 \text{ кмоль/м}^3$ ,  $C_{B0} = 2 \text{ кмоль/м}^3$ , при объемном расходе  $10 \text{ м}^3 / \text{ч}$ .
6. Найдите константу равновесия при температурах 500 и 2000 К для реакции  $H_2O + CO = H_2 + CO_2$ , если  $\Delta G_{500} = -20,2 \text{ кДж/моль}$  и  $\Delta G_{2000} = 25,3 \text{ кДж/моль}$ .
7. Используя правило составления кинетических уравнений сложных реакций, запишите кинетическое уравнение расчета скоростей по веществам А, В, R и М для реакции:  $A+B = R+S$ ;  $A+R=M$  при известных  $k_1, k_2, k_3$ .
8. Проанализируйте зависимость дифференциальной селективности от температуры для двух параллельных реакций одинакового порядка.
9. Выведите уравнение зависимости дифференциальной селективности от концентрации реагента А для параллельных реакций, имеющих разный порядок по реагенту А.
10. Пероксид водорода, начальная концентрация которого 25,4 моль/л, каталитически разлагается. Через 10 минут в растворе остается 13,4 моль/л  $H_2O_2$ , через 20 минут – 7,08 моль/л, а через 30 минут – 3,81 моль/л. Определите порядок реакции и константу скорости. Ответ: 0,0635 мин<sup>-1</sup>.
11. Определите энергию активации окисления  $SO_2$  до  $SO_3$  на ванадиевом катализаторе, если константа скорости процесса равна  $6,3 \text{ с}^{-1}$  при 455 °С,  $12 \text{ с}^{-1}$  при 470 °С и  $26,2 \text{ с}^{-1}$  при 490 °С. Ответ: 191,3 кДж/моль.
12. Газовая смесь синтеза аммиака состоит из азота и водорода. Найдите отношение  $N_2$  к  $H_2$ , при котором скорость реакции будет максимальной. Скорость реакции синтеза аммиака описывается уравнением М.И. Темкина и В.М. Пыжева -  $u = k_1 p_{N_2} (p^3_{H_2} / p^2_{NH_3})^{0,5} - k_2 (p^2_{NH_3} / p^3_{H_2})^{0,5}$ . Ответ: 3:1.
13. При протекании последовательной реакции  $A=B=C$  определите момент, когда концентрация В достигает максимального значения, если  $k_1 = 2k_2$ .
14. Газовая смесь состоит из оксида азота (II) и воздуха. Найдите концентрацию кислорода, при которой оксид азота окисляется с максимальной скоростью, если процесс проводить при температуре 150 °С, когда процесс практически необратим, а скорость описывается уравнением  $u = k C^2_{NO} C_{O_2}$ .

### Типовые вопросы к экзамену/зачету/зачету с оценкой:

Проведение промежуточной аттестации проходит в виде зачета.

### Вопросы к зачету по дисциплине «Химическая технология»

#### 7семестр

1. Цель проведения материальных расчетов химико-технологических процессов. Принципы составления материального баланса. Закон сохранения массы и закон стехиометрических соотношений - основа составления материального баланса.
2. Теоретический материальный баланс. Графическое представление сложных химических превращений. Расчет текущей концентрации компонентов. Теоретические расходные коэффициенты.

3. Практический материальный баланс. Расчет расходных коэффициентов по сырью.
4. Составление материального баланса работы производства. Приходная и расходная часть материального баланса.
5. Основное уравнение переноса импульса.
6. Физические свойства жидкостей. Классификация жидкостей по реологическим свойствам. Закон Ньютона.
7. Дифференциальные уравнения равновесия Эйлера.
8. Основное уравнение гидростатики и его практическое использование.
9. Основные характеристики движения жидкостей. Ламинарный и турбулентный режимы течения. Характеристики стационарных и нестационарных потоков.
10. Вывод уравнения неразрывности потока.
11. Уравнение переноса количества движения Навье-Стокса.
12. Движение идеальных жидкостей. Уравнения движения Эйлера.
13. Уравнение Бернулли и его практическое применение. Определение потеряннного напора.
14. Основы теории подобия. Подобное преобразование дифференциальных уравнений движения. Критерии гидродинамического подобия.
15. Виды передачи тепла. Тепловые балансы. Основное уравнение теплопередачи.
16. Молекулярный перенос тепла. Передача тепла теплопроводностью через плоскую и цилиндрическую стенки. Закон Фурье. Термическое сопротивление.
17. Передача тепла конвекцией. Уравнение охлаждения Ньютона-Рихмана (закон теплоотдачи). Уравнение конвективного теплообмена Фурье-Кирхгофа.
18. Тепловое подобие. Критерий Нуссельта.
19. Смешанный механизм переноса тепла. Сложение термических сопротивлений. Пути интенсификации процессов теплообмена.
20. Теплообменные аппараты.
21. Физические основы процесса абсорбции. Построение равновесной линии абсорбции.
22. Материальный баланс абсорбции и построение рабочей линии.
23. Основные уравнения расчета абсорбционных аппаратов
24. Классификация абсорберов.
25. Способы промышленной организации абсорбционных аппаратов.
26. Физико-химические основы разделения жидких смесей.
27. Ректификация. Непрерывная ректификация бинарных смесей.
28. Устройство ректификационных колонн. Основные характеристики.
29. Материальный баланс ректификационной колонны. Уравнения расчета ректификационных процессов.
30. Построение рабочих линий для укрепляющей и исчерпывающей частей ректификационной колонны. Определение теоретического и практического числа тарелок.
31. Периодическая и непрерывная ректификация. Ректификация многокомпонентной смеси.
32. Методы анализа работы ректификационной колонны и её расчет.

**Проведение промежуточной аттестации проходит в виде экзамена.**

**Вопросы к экзамену по дисциплине «Химическая технология»**

**8 семестр**

1. Химико-технологические процессы как объект управления.
2. Входные и выходные параметры системы, параметры состояния, конструкционные и управляющие параметры; функциональный оператор системы.
3. Роль химической промышленности в народном хозяйстве
4. Типичные методы совершенствования химических производств (увеличение единичной мощности, комбинирование производств, переход от периодических к непрерывным процессам, автоматизация и оптимизация, повышение качества продукции).
5. Основные показатели химико-технологического процесса.
6. Выход продукции на пропущенное и разложенное сырье, конверсия сырья.

7. Селективность интегральная и дифференциальная. Степень превращения. Значение этих показателей для характеристики промышленных процессов.
8. Производительность и интенсивность работы аппаратов.
9. Интенсивные и экстенсивные параметры технологического процесса.
10. Равновесие в технологических процессах.
11. Влияние условий проведения реакций на равновесие: температура, подвод тепла, давление, концентрация реагентов, избыток одного из реагентов, отвод продуктов из зоны реакции.
12. Термодинамические расчеты химико-технологических процессов.
13. Эксергетический анализ химико-технологических процессов, эксергетический КПД.
14. Классификация химических реакций (простые и сложные, обратимые и необратимые, классификация по молекулярности и по порядку реакций).
15. Классификация по фазовому признаку: гомогенные и гетерогенные реакции. Экзотермические и эндотермические реакции.
16. Использование законов химической кинетики при выборе технологического режима.
17. Кинетика и химическая технология. Факторы, определяющие скорости гомогенно и гетерогенно протекающих реакций.
18. Роль концентрации реагентов, температуры, давления, обновления поверхности контакта реагирующих фаз и других физико-химических факторов на течение химико-технологических процессов.
19. Способы изменения скорости простых и сложных реакций. Важнейшие способы их регулирования.
20. Технологические приемы ускорения реакций. Катализ.
21. Производственные процессы с применением твердых, жидких, газообразных катализаторов.
22. Основные типы контактных аппаратов.
23. Химические реакторы. Классификация и характеристика промышленных реакторов и основные требования, предъявляемые к ним.
24. Реакторы с различными режимами движения: реактор периодического и непрерывного действия, реакторы идеального смешения и полного вытеснения, вывод основных уравнений химических реакторов.
25. Сравнение эффективности проточных реакторов идеального смешения и идеального вытеснения.
26. Реакторы с различным тепловым режимом.
27. Диффузионные стадии гетерогенных процессов.
28. Гетерогенные некаталитические процессы в системе "газ – твердое вещество".
29. Гетерогенные процессы в системе «газ – жидкость» (газожидкостные реакции).
30. Основы разработки химических производств.
31. Постановка общей задачи разработки и создания химико-технологических систем (ХТС).
32. Использование методов и принципов системного исследования при разработке ХТС. Основные понятия и принципы системного подхода.
33. Химическое предприятие как сложная система. Общая стратегия системного исследования.
34. Основные этапы создания ХТС.
35. Классификация моделей ХТС.
36. Задачи анализа, синтеза и оптимизации ХТС.
37. Типы технологических связей.
38. Технологические принципы создания ХТС.
39. Проблемы, возникающие при разработке и эксплуатации агрегатов большой единичной мощности.
40. Энергетика в химической технологии. Концепция полного использования энергетических ресурсов.
41. Вторичные энергетические ресурсы. Энерготехнологическая система.
42. Основы энерготехнологии, ее значение и сущность.
43. Понятия о сырье, промежуточном продукте (полупродукте), готовом продукте, отходах производства.
44. Виды и классификация сырья: минеральное и органическое; твердое, жидкое и газообразное; природное и искусственное сырье.
45. Запасы сырья и способы его добычи.
46. Принципы рационального использования сырья. Комплексное использование сырья.

47. Значение переработки вторичного сырья.
48. Замена пищевого сырья синтетическим.
49. Подготовка сырья к переработке. Отходы химического производства.
50. Концепция минимизации отходов Основные принципы создания безотходных производств.
51. Экономическая эффективность безотходных производств. Состав, свойства и классификация сточных вод.
52. Классификация промышленных загрязнений биосферы. Источники загрязнения атмосферы.

Пример экзаменационного билета

Дисциплина Б1.Б.18 Базовая часть **Химическая технология**  
(шифр по УП, наименование дисциплины)

**Экзаменационный билет № 4**

1. Рассчитать количество удаляемой влаги ( $W$ ) из 25 т/ч бикарбоната натрия, если количество сухого бикарбоната ( $G_2$ ) 20,7 т/ч

Тесты

1. Удаление влаги из твердого влажного материала при непосредственном соприкосновении сушильного агента с материалом - процесс сушки ... 1.контактный; 2.конвективный; 3.радиационный; 4.диэлектрический
2. Разделение смеси компонентов на низкокипящий и высококипящий при однократном испарении... 1.выпаривание; 2.простая перегонка; 3.ректификация; 4.экстракция
3. Процесс перехода компонента из одной фазы в другую зависит ... 1.только от температуры; 2.только от концентрации; 3.только от давления 4.от поверхности соприкосновения фаз и разности концентраций компонентов в фазе
4. Бинарная смесь состоит из воды ( $t_{кип} = 100^{\circ}C$ ) и этилового спирта ( $t_{кип} = 78^{\circ}C$ ). Какой компонент является низкокипящим? 1.вода; 2.этиловый спирт; 3.оба компонента; 4.ни тот, ни другой
5. Фазовое равновесие массообменных процессов характеризует ... 1.равенство концентраций компонентов в фазах 2.равенство скоростей перехода компонентов из одной фазы в другую; 3.равенство температур; 4.равенство давлений
6. Десорбция – это переход компонента из жидкой фазы в .... 1.твердую; 2. Жидкую; 3.паровую; 4.твердую и жидкую
7. Тарелки (ситчатые, решетчатые, колпачковые, клапанные) применяют в колоннах ... 1.насадочных; 2.барботажных; 3.пленочных; 4.распылительных
8. Часть дистиллята, возвращаемая на орошение в ректификационную колонну, называется ... 1.кубовый остаток; 2.флегма; 3.сырье; 4.дистиллят
9. Самый высокий коэффициент полезного действия, равный 0,9 соответствует барботажной тарелке 1.колпачковой; 2.ситчатой; 3.решетчатой; 4.клапанной
10. Диффузионный критерий ..... характеризует отношение скорости переноса вещества конвективной и молекулярной диффузией к молекулярному переносу
11. Выражение для диффузионного критерия Нуссельта 1.  $Nu = \beta l / D$ ; 2.  $Nu = -\beta l / D$ ; 3.  $Nu = D / \beta l$ ; 4.  $Nu = -D / \beta l$ ; 5.  $Nu = D \beta l$
12. Диффузионный критерий ..... характеризует условия подобия неустановившихся процессов теплоотдачи
13. Диффузионный критерий Фурье является аналогом 1. критерия гомохронности; 2.теплового критерия Фурье; 3.критерия Рейнольдса 4. критерия Фруда ; 5.критерия Эйлера
14. Выражение для диффузионного критерия Фурье 1.  $Fo = D\tau / l^2$ ; 2.  $Fo = D^2 \tau / l$ ; 3.  $Fo = - D\tau / l^2$ ; 4.  $Fo = - D^2 \tau^2 / l$
15. Диффузионный критерий ..... характеризует соотношение между интенсивностью переноса вещества
- 16.. Диффузионный критерий..... характеризует подобие физических свойств