

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Забайкальский государственный университет»
(ФГБОУ ВО «ЗабГУ»)

Факультет Энергетический

Кафедра Химии

УЧЕБНЫЕ МАТЕРИАЛЫ

для студентов заочной формы обучения

по дисциплине «**Общая химическая технология**»
наименование дисциплины (модуля)

для направления подготовки (специальности) 18.03.02 «**Энерго- и ресурсосберегающие процессы в химической технологии, нефтехимии и биотехнологии**»

код и наименование направления подготовки (специальности)

наименование профиля подготовки **Энерго- и ресурсосберегающие химические процессы**

Общая трудоемкость дисциплины 180 часов (5 зачетных единиц)

Виды занятий	Распределение по семестрам в часах	Всего часов
	5 семестр	
Общая трудоемкость	180	180
Аудиторные занятия, в т.ч.:	14	14
лекционные (ЛК)	6	6
практические (семинарские) (ПЗ, СЗ)	0	0
лабораторные (ЛР)	8	8
Самостоятельная работа студентов (СРС)	130 контрольная работа	130
Форма промежуточного контроля в семестре	36 экзамен	36
Курсовая работа (курсовой проект) (КР, КП)	0	0

Краткое содержание курса

Предмет химической технологии (ХТ), ее история развития и основные разделы. Химико-технологический процесс (ХТП) как центральное понятие курса, показатели и количественные характеристики. Сырье химической промышленности. Энергетика химической промышленности. Перспективы использования вторичного сырья и вторичных энергетических ресурсов. Физико-химические основы химической технологии. Катализ в химической промышленности. Моделирование химико-технологических процессов и их оптимизация. Гидромеханические процессы, основные законы гидравлики. Тепловые процессы в химической технологии. Массообменные процессы. Основные аппараты химических производств, расчет химических реакторов. Основы организации химических производств Производство серной кислоты. Технология связанного азота Синтез аммиака. Синтез мочевины. Производство азотной кислоты. Производство фосфора и фосфорной кислот. Технология солей и удобрений. Промышленный органический синтез, его развитие и значение. Производство кислородсодержащих органических соединений.

Форма текущего контроля

КОНТРОЛЬНАЯ РАБОТА № 1

Контрольная работа состоит из развернутых ответов на 6 теоретических вопросов (определения понятий, формулы, схемы, уравнения реакций, рисунки, анализ теории) и решений 6 задач (формулы соединений, уравнения реакций, расчеты и таблицы) по общей химической технологии. Для выбора теоретических вопросов и задач по основным разделам дисциплины необходимо руководствоваться данными таблиц 1 и 2, соответственно.

Таблица 1

Выбор теоретических вопросов по последней цифре номера зачетной книжки

Теоретические задания	Последняя цифра номера зачетной книжки									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0
Номера контрольных вопросов из перечня для подготовки к экзамену в конце учебных материалов	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40
	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50
	51	52	53	54	55	56	57	58	59	60

Таблица 2

Выбор вариантов задач по последним двум цифрам зачетной книжки

Варианты задач	Две последние цифры в зачетной книжке	Варианты задач	Две последние цифры в зачетной книжке
1	01, 21, 41, 61, 81	11	11, 31, 51, 71, 91
2	02, 22, 42, 62, 82	12	12, 32, 52, 72, 92
3	03, 23, 43, 63, 83	13	13, 33, 53, 73, 93
4	04, 24, 44, 64, 84	14	14, 34, 54, 74, 94
5	05, 25, 45, 65, 85	15	15, 35, 55, 75, 95
6	06, 26, 46, 66, 86	16	16, 36, 56, 76, 96
7	07, 27, 47, 67, 87	17	17, 37, 57, 77, 97
8	08, 28, 48, 68, 88	18	18, 38, 58, 78, 98
9	09, 29, 49, 69, 89	19	19, 39, 59, 79, 99
10	10, 30, 50, 70, 90	20	20, 40, 60, 80, 00

Контрольная работа оформляется в тетради 18 листов, на титульный лист наклеивается типовый титульный лист с указанием ФИО, группы, номера варианта. Допускается оформление контрольной работы в печатном виде по требованиям, изложенным в методической инструкции **МИ 01-02-2018** Общие требования к построению и оформлению учебной текстовой документации¹. Нумерация формул, таблиц и рисунков в работе - сквозная. Список использованных источников (литературы) необходимо оформить в соответствии с ГОСТ 7.80-2000.

Контрольную работу необходимо сдать преподавателю кафедры химии ЗабГУ (ауд. 03-417), ведущему дисциплину «Коллоидная химия» в начале сессии.

¹ [https://zabgu.ru/files/html_document/pdf_files/fixed/Prikladnaya_geologiya/Instrukciya_MI_01-02-2018\(4\).pdf](https://zabgu.ru/files/html_document/pdf_files/fixed/Prikladnaya_geologiya/Instrukciya_MI_01-02-2018(4).pdf)

ПРИМЕРЫ ЗАДАЧ С РЕШЕНИЕМ

Задача 1. Определить теоретические расходные коэффициенты для следующих железных руд, применяемых при производстве 1000 кг чугуна, который содержит 92 % железа, при условии, что руды не содержат пустой породы и примесей²:

Шпатовый железняк FeCO_3 ($M = 115,8$ г/моль);

Лимонит $2\text{Fe}_2\text{O}_3 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$ ($M = 373$ г/моль);

Гетит $2\text{Fe}_2\text{O}_3 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ ($M = 355$ г/моль);

Красный железняк Fe_2O_3 ($M = 159,7$ г/моль);

Магнитный железняк Fe_3O_4 ($M = 231,5$ г/моль).

Решение: Расчет расходного коэффициента по FeCO_3 .

Из 1 кмоль FeCO_3 можно получить 1 кмоль Fe или можно записать:

$115,8$ кг $\text{FeCO}_3 \rightarrow 55,9$ кг Fe (где 55,9 – молекулярная масса железа).

Отсюда для получения 1000 кг чугуна с содержанием железа 92 % необходимо:

$A_T = (1000 \cdot 0,92 \cdot 115,8) / 55,9 = 1905,8$ кг шпатового железняка.

Аналогично находим значения теоретических расходных коэффициентов для других руд:

Для лимонита:

$A_T = (1000 \cdot 0,92 \cdot 373) / 4 \cdot 55,9 = 1534,7$ кг.

Для гетита:

$A_T = (1000 \cdot 0,92 \cdot 355) / 4 \cdot 55,9 = 1460,6$ кг.

Для красного железняка:

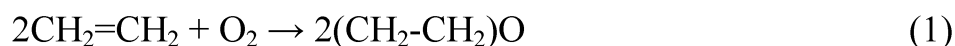
$A_T = (1000 \cdot 0,92 \cdot 159,7) / 2 \cdot 55,9 = 1314,2$ кг.

Для магнитного железняка:

$A_T = (1000 \cdot 0,92 \cdot 231,5) / 3 \cdot 55,9 = 1270$ кг.

² Христофорова, И.А. Общая химическая технология. Химико-технологические расчеты в процессах электролиза, синтеза материалов и химических реакторах : учеб. пособие / И. А. Христофорова ; Владим. гос. ун-т. – Владимир : Изд-во ВлГУ, 2012. – 51 с.

Задача 2. Составить материальный баланс производства оксида этилена при прямом производстве каталитическим окислением этилена воздухом. Состав исходной газовой смеси, об. %: этилен – 3, воздух – 97. Степень окисления этилена $x = 0,5$. Расчет вести на 1000 кг оксида этилена. Производство оксида этилена происходит по следующей схеме:



Решение:

Рассчитываем статьи прихода

По уравнению реакции находим расход этилена на 1000 кг оксида этилена. Из 28 кг этилена образуется 44 кг $(\text{CH}_2-\text{CH}_2)\text{O}$ (где 28 – молярная масса этилена, 44 – молярная масса оксида этилена) или

$$A_T = (28 \text{ кг/моль} \cdot 1000 \text{ кг}) : 44 \text{ кг/моль} = 636,4 \text{ кг.}$$

С учетом степени окисления $636,4 : 0,5 = 1272,8 \text{ кг}$ или $1272,8 \text{ кг} \times 22,4 \text{ м}^3/\text{моль} : 28 \text{ кг/моль} = 1018,2 \text{ м}^3$. Данные заносим в статью прихода табл. 3 материального баланса.

Таблица 3

Материальный баланс на 1000 кг оксида этилена

Приход			Расход		
Статья	Масса / объём		Статья	Масса / объём	
	кг	м ³		кг	м ³
Этилен	1272,8	1018,2	Оксид этилена	1000	509,1
Воздух, в том числе:			Этилен	636,4	509,1
кислород	9877	6913,9	Воздух, в том числе		
азот	32511,5	26009,2	кислород	9513,4	6659,3
			азот	32511,5	26009,2
<i>Итого</i>	43661,3	33941,3	<i>Итого</i>	43661,3	33686,7

Так как этилен и воздух – газы, материальный баланс ведется также и по объему. Объем воздуха в этилен-воздушной смеси составит:

$$V = 1018,2 \text{ м}^3 \cdot 97 \% : 3 \% = 32923,1 \text{ м}^3,$$

в том числе кислорода $32923,1 \cdot 0,21 = 6913,9 \text{ м}^3$ (где 0,21 – доля кислорода в воздухе) или $(6913,9 : 22,4) \cdot 32 = 9877 \text{ кг}$; азота $32923,1 \times 0,79 = 26009,2 \text{ м}^3$ (где 0,79 – доля азота в воздухе) или $(26009,2 \times 22,4) \cdot 28 = 32511,5 \text{ кг}$. Результаты заносим в таблицу в статью прихода.

Рассчитываем статьи расхода. Сразу записываем в статью расхода оксид этилена, которого необходимо получить 1000 кг. Этилена не израсходована половина количества, которое приходит на окисление, то есть $1272,8 : 2 = 636,4 \text{ кг}$. Объемы оксида этилена и этилен можно рассчитать как $1018,2 : 2 = 509,1 \text{ м}^3$. Запишем эти данные в статью расхода. Кислорода израсходовано на окисление: $(1018,2 \cdot 0,5) : 2 = 254,6 \text{ м}^3$. В продуктах окисления содержится следующее количество кислорода: $6913,9 - 254,6 = 6659,3 \text{ м}^3$ или $(6659,3 \cdot 32) : 22,4 = 9513,4 \text{ кг}$.

Количество азота переписываем из прихода, так как он в реакции не участвует.

Ответ: для получения 1000 кг оксида этилена необходимо 1272, 8 кг этилена и 42388,5 кг воздуха. Объемы прихода и расхода не сходятся в пределах 5 %, поэтому данный ответ удовлетворителен.

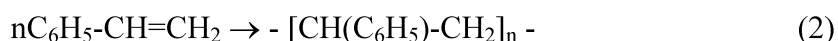
Задача 3. Плотность стирола составляет $0,906 \text{ г/см}^3$. Теплоемкость стирола при $20 \text{ }^\circ\text{C}$ $c = 1,742 \text{ кДж/(кг} \cdot \text{ }^\circ\text{C)}$, при $145 \text{ }^\circ\text{C}$ $2,479 \text{ кДж/(кг} \cdot \text{ }^\circ\text{C)}$. Теплоемкость полистирола при $20 \text{ }^\circ\text{C}$ равна $c = 1,457 \text{ кДж/(кг} \cdot \text{ }^\circ\text{C)}$, при $145 \text{ }^\circ\text{C}$ $3,119 \text{ кДж/(кг} \cdot \text{ }^\circ\text{C)}$. Рассчитать объем полимеризатора и составить тепловой баланс первого полимеризатора в килоджоулях на 1 тонну исходного стирола при коэффициенте заполнения реактора ϕ_3 (фи) = 0,65 и рабочем объеме аппарата на 1 т $1,8 \text{ м}^3$.

Решение: При производстве пластической массы - блочного полистирола - в каскаде аппаратов с мешалками процесс проводят при изотермическом режиме, для чего используют дисковые мешалки с развитой поверхностью. Приведем некоторые параметры процесса (табл. 4).

Исходные параметры процесса

Аппарат	$T_{\text{нач}}, ^\circ\text{C}$	$T_{\text{кон}}, ^\circ\text{C}$	Степень полимеризации	Время пребывания, ч
Полимеризатор 1	50	145	48	2
Полимеризатор 2	145	160	75	2
Полимеризатор 3	160	180	90	2

Реакция полимеризации мономера - стирола - с образованием полистирола имеет вид:



(тепловой эффект взят на основе опытных данных из расчета на мономер, молекулярная масса которого составляет 104 г/моль). Определяем вместимость полимеризатора φ_3 :

$$\varphi_3 = v_p / v_{\text{П}} \quad (3)$$

Тогда $v_{\text{П}} = v_p / \varphi_3 = 1,8 / 0,65 = 2,77 \text{ м}^3$. Тепловой эффект полимеризации будет равен $68700 / 104 = 661 \text{ кДж/кг}$.

Приход теплоты:

$$Q_{\text{ф}} = 1000 \cdot 1,742 \cdot 50 = 87089 \text{ кДж.}$$

$$Q_{\text{полимер}} = 480 \cdot 661 = 317280 \text{ кДж.}$$

Итого 404369 кДж

Расход теплоты: $Q = (\Delta H_0)_T \cdot G$ (G нашли как $1000 \cdot$ степень полимеризации $48 =$ для полистирола 480 , для стирола 520).

с полистиролом $Q = 3,119 \cdot 145 \cdot 480 = 217082 \text{ кДж}$,

со стиролом $Q = 2,479 \cdot 145 \cdot 520 = 186916 \text{ кДж}$.

Итого 403998 кДж.

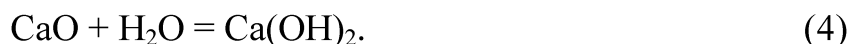
Процесс идет с небольшим выделением теплоты: $404369 - 403998 = 371 \text{ кДж}^3$

Ответ: $2,77 \text{ м}^3$.

³ Игнатенков, В. И. Примеры и задачи по общей химической технологии / В. И. Игнатенков, В. С. Бесков. – Москва: Академкнига, 2005. – 198 с

Задача 4. Рассчитать массу извести, содержащей 85 % основного вещества (CaO), и соды, содержащей 98 % основного вещества (Na₂CO₃), для умягчения 1000 м³ воды с общей жесткостью 8,5 ммоль × экв/л, в том числе постоянная (некарбонатная) жесткость – 4,0 ммоль × экв/л.

Решение: В процессе умягчения воды известково-содовым методом известь вводится в процесс в виде водного раствора гидроксида кальция, получаемого путем гашения извести водой по реакции



В процессе умягчения воды гидроксид кальция реагирует с солями временной жесткости с образованием труднорастворимых соединений по следующим реакциям:



Для определения массы извести необходимо знание величины временной (карбонатной) жесткости, которая находится как разность между общей и постоянной жесткостью:

$$J_{\text{к}} = J_{\text{о}} - J_{\text{п}} = 8,5 - 4,0 = 4,5 \text{ ммоль} \times \text{экв/л, или } 4,5 \text{ моль} \times \text{экв/м}^3.$$

Масса Ca(OH)₂, необходимая для устранения временной жесткости в 1 м³ воды, определяется по формуле

$$m \text{ Ca(OH)}_2 = J_{\text{к}} \times M (1/2\text{Ca(OH)}_2),$$

где M (1/2Ca(OH)₂) – молярная масса эквивалента Ca(OH)₂.

$$m \text{ Ca(OH)}_2 = 4,0 \times (74 / 2) = 148,0 \text{ г/м}^3 \text{ (0,148 кг/м}^3).$$

Масса Ca(OH)₂, необходимая для умягчения 1000 м³:

$$m' \text{ Ca(OH)}_2 = m \text{ Ca(OH)}_2 \times V_{\text{H}_2\text{O}},$$

где V_{H₂O} – объем умягчаемой воды, м³.

$$m' \text{ Ca(OH)}_2 = 0,148 \times 1000 = 148,0 \text{ кг.}$$

Массу оксида кальция, необходимого для получения 148 кг гидроксида кальция, рассчитываем в соответствии с уравнением реакции:

$$m_{\text{CaO}} = m' \text{ Ca(OH)}_2 \times M \text{ CaO} / M \text{ Ca(OH)}_2,$$

где M CaO – молярная масса CaO; M Ca(OH)₂ – молярная масса Ca(OH)₂.

$$m \text{ CaO} = 148 \times 56 / 74 = 112 \text{ кг.}$$

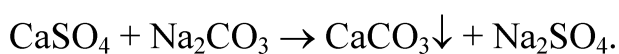
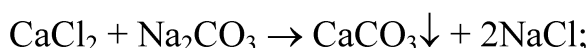
Масса технической извести, необходимой для умягчения 1000 м³ воды, определяется следующим образом:

$$m_{\text{изв}} = m \text{ CaO} \times 100 / 85,$$

где 85 – массовая доля CaO в извести, %.

$$m_{\text{изв}} = 112 \times 100 / 85 = 131,8 \text{ кг.}$$

Сода для умягчения воды вводится для устранения солей постоянной жесткости:



Определим массу Na₂CO₃, необходимого для устранения постоянной жесткости в 1 м³ воды:

$$m \text{ Na}_2\text{CO}_3 = J_{\text{п}} \times M (1/2 \text{ Na}_2\text{CO}_3),$$

где M (1/2 Na₂CO₃) – молярная масса эквивалента Na₂CO₃.

$$m \text{ Na}_2\text{CO}_3 = 4 \times (106 / 2) = 212 \text{ г/м}^3 (0,212 \text{ кг/м}^3).$$

Определяем массу технической соды, необходимой для умягчения 1000 м³ воды:

$$m_{\text{соды}} = (m \text{ Na}_2\text{CO}_3 / X \text{ Na}_2\text{CO}_3) \times V \text{H}_2\text{O},$$

где X Na₂CO₃ – массовая доля Na₂CO₃ в соде; V H₂O – объем умягчаемой воды, м³.

$$m_{\text{соды}} = 0,212 / 0,98 \times 1000 = 216,3 \text{ кг.}$$

Задача 5. В каких массовых соотношениях необходимо смешать фосфоритную муку, сульфат аммония и хлористый калий, чтобы получить 1000 кг комплексного минерального удобрения, в котором массовое отношение N : P : K будет 1 : 1 : 1. Задачу решить при условии, что фосфоритная мука содержит 28 мас. долей P₂O₅, %; сульфат аммония содержит 95 мас. долей основного вещества, %; галургический хлористый калий содержит 91 мас. долей KCl, %. По общепринятым обозначениям

(правилам) отношение $N : P : K$ расшифровывается (соответствует) как массовое отношение N к P_2O_5 и к K_2O^4 .

Решение: Введем следующие обозначения:

X_1 – масса фосфоритной муки, кг; X_2 – масса сульфата аммония, кг; X_3 – масса хлористого калия, кг.

Тогда по условию задачи можно составить первое уравнение:

$$X_1 + X_2 + X_3 = 1000. \quad (7)$$

Рассчитаем массовую долю азота (N) в сульфате аммония.

Молекулярная масса $(NH_4)_2SO_4$ – 132. Массовая доля N в сульфате аммония $m(N) = 28 / 132 = 0,212$.

Молекулярная масса KCl – 74,5; молекулярная масса K_2O – 94.

Массовая доля K_2O в KCl будет $94 / 149 = 0,63$.

Так как содержание основного вещества в сульфате аммония 95 %, масса N в потоке X_2 будет $0,95 \times X_2 \times 0,212$.

По аналогии содержание K_2O в X_3 будет $0,63 \times X_3 \times 0,91$.

Учитывая изложенное и условие задания, можно составить еще два уравнения:

$$(X_1 \times 0,28) / (X_2 \times 0,95 \times 0,212) = 1,0; \quad (8)$$

$$(X_1 \times 0,28) / (X_3 \times 0,91 \times 0,63) = 1,0. \quad (9)$$

Решая систему из трех независимых уравнений

$$X_1 + X_2 + X_3 = 1000;$$

$$(X_1 \times 0,28) / (X_2 \times 0,95 \times 0,212) = 1,0;$$

$$(X_1 \times 0,28) / (X_3 \times 0,91 \times 0,63) = 1,0$$

находим: $X_1 = 347,2$ кг; $X_2 = 482,6$ кг; $X_3 = 170,2$, что и является требуемым ответом на поставленный вопрос.

ЗАДАЧИ ДЛЯ САМОСТОЯТЕЛЬНОГО РЕШЕНИЯ

Задача 1.

Определить расходные коэффициенты извести и кокса (табл. 5) в производстве технического карбида кальция (ТКК), имеющего по анализу следующий состав: $\text{CaC}_2 = \text{A} \%$, $\text{CaO} = \text{B} \%$, $\text{C} = \text{B} \%$, прочие примеси (ПП) = $\Gamma \%$. Расчет вести на 1000 кг технического продукта. Содержание в коксе: золы – $\text{Д} \%$, летучих компонентов (ЛК) – $\text{Е} \%$, влаги – $\text{Ж} \%$, углерода – $\text{И} \%$. Известь содержит $\text{К} \%$ чистого CaO . Карбид кальция получается по следующей реакции $\text{CaO} + 3\text{C} \rightarrow \text{CaC}_2 + \text{CO}^5$.

Таблица 5

Варианты контрольных заданий

Варианты	Состав ТКК, %				Состав кокса, %				СаО в извести, % (К)
	CaC ₂ (А)	CaO (Б)	С (В)	ПП (Г)	Зола (Д)	ЛК (Е)	Влага (Ж)	С (И)	
1	78	15	3	4	4	4	3	89	96,5
2	77	16	3	4	3	3	5	89	96,0
3	78	15	4	3	2	3	6	89	97,0
4	76	15	3	6	4	4	4	88	96,4
5	76	14	5	5	2	2	3	93	96,6
6	77	13	3	7	4	4	3	89	96,5
7	77	12	3	8	3	3	5	9	96,0
8	77	11	3	9	2	3	6	89	97,0
9	77	14	3	6	4	4	4	89	96,4
10	77	15	3	5	2	2	3	93	96,6
11	78	15	3	4	4	3	2	91	96,5
12	77	16	3	4	3	3	2	92	96,0
13	78	15	4	3	2	3	2	93	97,0
14	76	15	3	6	4	2	1	93	96,4
15	76	14	5	5	2	2	1	95	96,6
16	77	13	3	7	4	2	1	93	96,5
17	77	12	3	8	3	2	1	94	96,0
18	77	11	3	9	2	4	1	93	97,0
19	77	14	3	6	4	4	1	91	96,4
20	77	15	3	5	2	4	1	93	96,6

⁵ Христофорова, И. А. Общая химическая технология. Химико-технологические расчеты в процессах электролиза, синтеза материалов и химических реакторах : учеб. пособие / И. А. Христофорова ; Владим. гос. ун-т. – Владимир : Изд-во ВлГУ, 2012. – 51 с.

Задача 2.

Составить материальный баланс печи для сжигания серы. Расчет проводить на производительность печи по сжигаемой сере, кг/ч. Процесс горения описывается уравнением $S + O_2 \rightarrow SO_2$. Исходные данные⁶ приведены в табл. 6.

Таблица 6

Исходные данные контрольного задания

Варианты	Производительность печи, т/сутки	Степень окисления серы	Коэффициент избытка воздуха
1	60	0,95	1,5
2	60	0,95	1,4
3	60	0,95	1,3
4	60	0,95	1,2
5	60	0,95	1,1
6	50	0,95	1,5
7	50	0,95	1,4
8	50	0,95	1,3
9	50	0,95	1,2
10	50	0,95	1,1
11	55	0,95	1,5
12	55	0,95	1,4
13	55	0,95	1,3
14	55	0,95	1,2
15	55	0,95	1,1
16	60	0,96	1,5
17	60	0,96	1,4
18	60	0,96	1,3
19	60	0,96	1,2
20	60	0,96	1,1

⁶ Христофорова, И. А. Общая химическая технология. Химико-технологические расчеты в процессах электролиза, синтеза материалов и химических реакторах : учеб. пособие / И. А. Христофорова ; Владим. гос. ун-т. – Владимир : Изд-во ВлГУ, 2012. – 51 с.

Задача 3.

Степень окисления SO_2 в SO_3 составляет: $x(\text{SO}_2)$ и $x(\text{SO}_3)$. Рассчитать изменение температуры в зоне реакции, если средняя теплоемкость газовой смеси, содержащей $\text{SO}_2 = \text{А} \%$, $\text{O}_2 = \text{Б} \%$, $\text{N}_2 = \text{В} \%$, условно принимается неизменной и составляет $1,382 \text{ кДж}/(\text{м}^3 \cdot ^\circ\text{C})$. Расчет вести на 100 м^3 газовой смеси: $\text{SO}_2 + 0,5\text{O}_2 \rightleftharpoons \text{SO}_3 + 94400 \text{ кДж/кмоль}$. Варианты условий⁷ приведены в табл. 7.

Таблица 7

Исходные данные для контрольного задания

Варианты	$x(\text{SO}_2)$	$x(\text{SO}_3)$	А %	Б %	В %
1	0,55	0,96	8	11	81
2	0,54	0,94	8	11	81
3	0,55	0,96	9	10	81
4	0,55	0,96	10	9	81
5	0,54	0,95	8	11	81
6	0,54	0,93	9	10	81
7	0,56	0,98	10	9	81
8	0,56	0,98	8	11	81
9	0,56	0,98	9	10	81
10	0,55	0,91	8	11	81
11	0,55	0,91	9	10	81
12	0,53	0,93	5	15	80
13	0,53	0,93	6	14	80
14	0,53	0,93	7	13	80
15	0,53	0,93	8	12	80
16	0,53	0,93	9	11	80
17	0,53	0,93	10	10	80
18	0,58	0,89	8	12	80
19	0,58	0,89	9	11	80
20	0,58	0,89	10	10	80

⁷ Христофорова, И. А. Общая химическая технология. Химико-технологические расчеты в процессах электролиза, синтеза материалов и химических реакторах : учеб. пособие / И. А. Христофорова ; Владим. гос. ун-т. – Владимир : Изд-во ВлГУ, 2012. – 51 с.

Задача 4.

Определить карбонатную, некарбонатную и общую жесткость воды заданного состава, а также массу фосфата натрия ($\text{Na}_3\text{PO}_4 \times 12\text{H}_2\text{O}$), необходимого для ее умягчения. Исходные данные для расчетов приведены в табл. 8.

Таблица 8

Исходные данные для расчетов

Варианты	Массовые концентрации солей, г/л					Объём умягчаемой воды, м ³
	CaSO ₄	CaCl ₂	MgSO ₄	MgCl ₂	NaHCO ₃	
1	0,15	0,43	0,03	0,09	0,50	1000
2	0,16	0,41	0,04	0,08	0,51	3000
3	0,17	0,39	0,05	0,07	0,49	4000
4	0,18	0,37	0,02	0,06	0,48	1500
5	0,19	0,35	0,07	0,09	0,52	3500
6	0,20	0,33	0,08	0,10	0,53	2000
7	0,21	0,31	0,09	0,06	0,54	2500
8	0,22	0,29	0,10	0,12	0,51	4500
9	0,23	0,27	0,05	0,10	0,48	5500
10	0,24	0,25	0,06	0,08	0,49	6000
11	0,25	0,23	0,11	0,13	0,55	5000
12	0,26	0,21	0,04	0,09	0,54	6500
13	0,27	0,19	0,03	0,10	0,53	5400
14	0,28	0,17	0,08	0,07	0,52	3800
15	0,29	0,15	0,09	0,08	0,51	2400
16	0,30	0,13	0,10	0,07	0,50	1200
17	0,31	0,11	0,03	0,11	0,48	1600
18	0,32	0,09	0,09	0,06	0,52	2100
19	0,33	0,07	0,07	0,12	0,54	3600
20	0,34	0,05	0,06	0,09	0,49	10000

Задача 5.

Определить продолжительность работы катионитового фильтра без регенерации до исчерпания обменной способности⁸. Исходные данные для расчетов приведены в табл. 9.

Таблица 9

Исходные данные для расчета продолжительности работы ионитов

Варианты	Обменная емкость катионита, моль-экв/м ³	Объем катионита в фильтре, м ³	Объемный расход воды, м ³ /ч	Общая жесткость воды, ммоль × экв/л
1	600	20	50	4,2
2	630	28	52	4,4
3	650	26	54	4,6
4	670	24	56	5,0
5	700	22	58	5,8
6	730	20	60	5,2
7	750	22	62	4,7
8	770	24	64	4,5
9	800	26	66	4,8
10	830	28	68	4,9
11	850	30	72	4,3
12	870	28	74	5,7
13	900	26	70	4,6
14	930	24	76	5,6
15	950	22	78	5,3
16	970	20	60	5,4
17	1000	18	80	5,1
18	600	24	54	4,6
19	700	26	56	4,3
20	800	28	58	4,2

⁸ Общая химическая технология: учебно-методическое пособие для студентов-заочников специальностей 1-48 01 01, 1-48 01 02, 1-48 01 05, 1-48 02 01, 1-57 01 01, 1-57 01 03, 1-36 07 01 специализаций 1-25 01 07 24, 1-25 01 08 15 /сост.: Соколов М.Т., Дормешкин О.Б., Пинаев Г.Ф., Кординов В.Д. – Минск: БГТУ, 2003. – 56 с.

Задача 6.

Хрустальное стекло имеет состав, мас. доля: Na_2O – 0,06; PbO – 0,64; SiO_2 – 0,30. Его получают путем плавления шихты, состоящей из соды (Na_2CO_3), минерала церуссита (PbCO_3) и кварцита (SiO_2).

Состав исходных ингредиентов, мас. доля, %: сода: Na_2CO_3 – 100,0; церуссит: PbCO_3 – 95,0; SiO_2 – 5,0; кварцит: SiO_2 – 98,0; PbO – 2,0. В каких массовых соотношениях необходимо смешать указанные ингредиенты, чтобы выполнить условие X (табл. 10)?

В расчетах учесть потерю массы вследствие декарбонизации⁹.

Таблица 10

Задания для разных вариантов расчетов

Варианты	Вещество, на 1000 кг которого необходимо провести расчет				
	шихта	стекло	сода	церуссит	кварцит
1	X				
2		X			
3			X		
4				X	
5					X
6	X				
7		X			
8			X		
9				X	
10					X
11	X				
12		X			
13			X		
14				X	
15					X
16	X				
17		X			
18			X		
19				X	
20					X

⁹ Общая химическая технология: учебно-методическое пособие для студентов-заочников специальностей 1-48 01 01, 1-48 01 02, 1-48 01 05, 1-48 02 01, 1-57 01 01, 1-57 01 03, 1-36 07 01 специализаций 1-25 01 07 24, 1-25 01 08 15 /сост.: Соколов М.Т., Дормешкин О.Б., Пинаев Г.Ф., Кордииков В.Д. – Минск: БГТУ, 2003. – 56 с.

Форма промежуточного контроля

Экзамен

К сдаче экзамена допускаются студенты, которые отработали лекционный материал и практические занятия, а также выполнили контрольную работу.

Перечень примерных вопросов для подготовки к зачету (ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ВОПРОСЫ ДЛЯ КОНТРОЛЬНОЙ РАБОТЫ).

1. Химическая технология: наука, предмет изучения, цель изучения, методы исследования. Идеология перехода от лабораторного синтеза в колбе к промышленному производству в реакторе.

2. Составляющие химико-технологического процесса: химические, механические, гидромеханические, тепловые и массообменные процессы.

3. Показатели ХТП. Технические показатели: производительность, расходный коэффициент, выход продукта, интенсивность процесса, удельные капитальные затраты, качество продукта.

4. Экономические показатели: себестоимость продукции, производительность труда. Эксплуатационные показатели: надежность, безопасность функционирования, чувствительность, управляемость, регулируемость. Социальные показатели: безвредность обслуживания, степень автоматизации и механизации, экологическая безопасность.

5. Понятие о лимитирующей стадии и принципах управления химико-технологическим процессом.

6. Основные виды и источники сырья. Классификация видов сырья по происхождению, составу и агрегатному состоянию.

7. Источники минерального сырья. Использование вторсырья.

8. Методы подготовки и обогащения сырья.

9. Вода в химической промышленности. Ценные свойства, направления использования. Три вида природной воды.

10. Оценка качества воды. Жесткость временная (карбонатная) и постоянная (некарбонатная).

11. Водооборотные циклы. Промышленная водоподготовка: отстаивание, коагуляция, обеззараживание, дегазация, умягчение, обессоливание, метод ионного обмена, электродиализ.

12. Основные виды и источники энергии, их классификация. Перспективы развития источников энергии.

13. Принципы ресурсосберегающих технологий. Принципы энергосберегающих технологий и вторичного использования энергии.

14. Солнечная, водородная энергетика. Возобновляемые и невозобновляемые источники энергии.

15. Химическая термодинамика, а также микро- и макрокинетика в химической технологии. Основные законы химической термодинамики, микро- и макрокинетики, определяющие направление и скорость химико-технологических процессов.

16. Составление материального и энергетического баланса.

17. Принципы действия катализаторов. Их важнейшие характеристики: производительность (активность), селективность, ожидаемый срок службы и т.д. Синтеринг, отравление, отравляемость, защита катализатора, минерализация.

18. Состав и основные методы приготовления катализаторов. Катализаторы на основе природного минерального сырья, например: бокситы, цеолиты.

19. Теория и теоремы подобия. Критериальные уравнения и принципы их составления. Основные критерии подобия, критерии подобия в гидро- и газодинамике.

20. Моделирование химико-технологических процессов. Физическое и математическое моделирование химико-технологических процессов.

21. Основы гидростатики. Гидродинамика: уравнение Эйлера и уравнение Навье-Стокса, закон (уравнение) Бернулли и его применение.

22. Аппараты химических производств, используемые для проведения гидромеханических процессов.
23. Основы теплопередачи. Механизмы теплопередачи: теплопроводность, конвективный теплообмен, тепловое излучение.
24. Закон охлаждения Ньютона. Режимы теплообмена.
25. Основные типы теплообменных аппаратов, наиболее широко используемые в химико-технологическом процессе.
26. Основы массообмена. Массообменные процессы в химической технологии: сорбция и ректификация.
27. Основные аппараты осуществления массообменных процессов. Расчет ректификационных колонн.
28. Графическое определение числа теоретических тарелок для процессов ректификации по методу Мак-Кэба и Тиле.
29. Понятие химического реактора. Показатели эффективности его работы: производительность, мощность, пропускающая способность, интенсивность.
30. Параметры реактора: конструкционные, технологические, входа и выхода. Классификация реакторов.
31. Реакторы периодического и непрерывного действия, а также идеального смешения и идеального вытеснения. Основное уравнение химического реактора и его решение для реакторов различных типов.
32. Химическая переработка топлива. Топлива и их классификация. Схема переработки топлив.
33. Пирогенетическая переработка топлив. Коксование, стадии, продукты, полукоксование.
34. Переработка жидких топлив. Состав нефти.
35. Продукты переработки нефти. Основные эксплуатационные характеристики. Подготовка нефти к переработке.
36. Методы переработки нефти и жидких нефтепродуктов: физические, химические.

37. Производство газообразного топлива. Классификация газообразного топлива.

38. Виды серусодержащего сырья. Типы печей для обжига сульфидных руд и элементарной серы.

39. Использование отходящих сернистых газов цветной металлургии и тепловых электростанций, серы и сероводорода при переработке сернистых нефтей.

40. Схемы контактного производства серной кислоты; равновесные и кинетические условия, катализаторы. Технологическая схема производства серной кислоты. Пути интенсификации сернокислотного производства.

41. Способы получения азотоводородной смеси. Очистка газов. Физико-химические основы процесса синтеза аммиака (термодинамические и кинетические особенности). Катализаторы синтеза аммиака.

42. Технологическая схема производства аммиака. Синтез мочевины. Производство азотной кислоты.

43. Технологическая схема производства разбавленной азотной кислоты. Получение концентрированной азотной кислоты. Производство нитрата аммония.

44. Виды и главные месторождения фосфатного сырья. Кислотные, термические и гидротермические процессы переработки природных фосфатов.

45. Электротермическое производство фосфора. Физико-химические основы получения фосфора из природных фосфатов. Схема получения элементарного фосфора.

46. Кислотные способы переработки фосфатного сырья. Экстракционная фосфорная кислота. Технологическая схема ее получения.

47. Минеральные удобрения и их классификация. Основные процессы производства простого и двойного суперфосфатов.

48. Суперфосфатная камера. Производство комплексных удобрений. Методы улучшения свойств удобрений: гранулирование, концентрирование, капсулирование и др.

49. Производство калийных солей. Основные аппараты для получения хлористого калия из сильвинита.

50. Производство силикатных материалов. Классификация силикатов. Принципиальная схема производства.

51. Вяжущие материалы, их классификация. Сырье для производства. Производство портландцемента. Характеристики портландцемента.

52. Производство стекла. Состав и классификация стекол. Принципиальная схема производства стеклянных изделий.

53. Керамические материалы, их классификация. Принципиальная схема производства строительного кирпича. Огнеупоры: классификация, получение.

54. Электрохимические производства. Критерии рационального использования электрической энергии. Электролиз водных растворов хлористого натрия.

55. Производство соляной кислоты: сульфатный метод, синтез хлористого водорода из хлора и водорода. Применение хлористого водорода и соляной кислоты.

56. Получение мыла: технологические стадии, сырьё, расчет выхода по жиру.

57. Производство парафиновых углеводородов. Производство непредельных углеводородов

58. Промышленный органический синтез, его развитие и значение. Сырьевая база и исходные вещества.

59. Синтезы на основе окиси углерода. Промышленные источники окиси углерода. Синтез-газ. Синтез метанола. Синтез углеводородов на основе синтез-газа.

60. Производство формальдегида. Физико-химические основы процесса. Технологическая схема, применение формальдегида.

Перечень типовых задач (для оценки умений)

1. Определите коэффициент избытка а серной кислоты при получении простого суперфосфата, если норма серной кислоты (моногидрата) 68 масс, долей на 100 масс, долей апатитового концентрата с содержанием P_2O_5 39,4 % ($Ca_5F(PO_4)_3 + 3,5H_2SO_4 = 3,5CaSO_4 + 1,5Ca(H_2PO_4)_2 + HF$)

2. Определите теоретическую теплотворную способность (теплоту горения в кДж/кг) углистого колчедана, содержащего 42 % серы и 5 % углерода. Известно, что 1 кг чистого пирита при сгорании дает 7060 кДж/кг, а 1 кг углерода — 32 700 кДж/кг.

3. Через катионитовый фильтр, рабочий объем которого $4,2 \text{ м}^3$, пропускают воду с объемной скоростью течения $12 \text{ м}^3/\text{ч}$. Определите емкость поглощения катионита, если жесткость исходной воды 6 ммоль/л, а умягченной — 0,01 ммоль/л. Фильтр работает без регенерации 64 ч.

4. Определите общую жесткость воды, если на титрование карбонатов, содержащихся в пробе объемом 75 мл, пошло 12 мл раствора HCl , молярная концентрация которой 0,03 моль/л. Постоянная жесткость воды равна 2,1 ммоль/л.

5. Энергия активации реакции $2A+B = 2C$, протекающей при температуре 1073 К $E_a = 89700 \text{ кДж/кмоль}$, понизилась в результате применения катализатора до 59000 кДж/кмоль . При какой температуре реакция теперь может протекать с той же скоростью? Другие параметры остались неизменными

Примеры экзаменационных билетов

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО
ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ
ФЕДЕРАЦИИ

Федеральное государственное бюджетное
образовательное учреждение
высшего образования
«Забайкальский государственный
университет»

ЭКЗАМЕНАЦИОННЫЙ БИЛЕТ № 18
по дисциплине Общая химическая
технология

направление подготовки 18.03.02 «Энерго- и
ресурсосберегающие процессы в химической
технологии, нефтехимии и
биотехнологии»
семестр 5

1. Химико-технологический процесс. Классификация процессов по их основному назначению (механические, гидромеханические, теплообменные, массообменные, химические, энергетические, управления).
2. Физические свойства катализатора: механическая прочность, термостойкость, теплопроводность, поверхностные и структурные свойства, пористость.
3. Продукты переработки нефти. Основные эксплуатационные характеристики. Подготовка нефти к переработке.
4. Энтальпия нейтрализации аммиака 52,5%-ной HNO_3 $\Delta H = -106,09$ кДж/моль. Сколько воды может испариться за счет теплоты реакции нейтрализации 212,5 кг аммиака, если энтальпия парообразования воды $\Delta H = -2684$ кДж/кг.

Составила доцент Дабижа О.Н.
« 01 » сентября 2023 г.

УТВЕРЖДАЮ
Зав. кафедрой химии Салогуб Е.В.
« 01 » сентября 2023 г.

Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины

Основная литература

Печатные издания

1. Общий курс процессов и аппаратов химической технологии : учебник. В 2 кн. Кн. 2 / Айнштейн Виктор Герцевич [и др.]; под ред. В.Г. Айнштейна. - Москва : Университетская книга; Логос; Физматкнига, 2006. - 872с.
2. Ульянов, Борис Александрович. Процессы и аппараты химической технологии. В примерах и задачах : учеб. пособие / Ульянов Борис Александрович, Бадеников Виктор Яковлевич, Ликучев Владимир Григорьевич. - Ангарск : АГТА, 2005. - 903с.
3. Абалонин, Борис Ефимович. Основы химических производств : учеб. пособие / Абалонин Борис Ефимович, Кузнецова Ида Михайловна,

Харлампиدي Харлампиий Эвклидович; под ред. Б.Е. Аболонина. - Москва : Химия, 2001. - 472 с.

4. Кутепов, Алексей Митрофанович. Общая химическая технология : учеб. пособие / Кутепов Алексей Митрофанович, Бандарева Татьяна Ивановна, Беренгартен Михаил Георгиевич. - 2-е изд., испр. и доп. - Москва : Высш. шк., 1990. – 520 с.

Издания из ЭБС

5. Комиссаров, Юрий Алексеевич. Химико-технологические процессы : Учебник и практикум / Комиссаров Юрий Алексеевич; Комиссаров Ю.А., Глебов М.Б., Гордеев Л.С., Вент Д.П. - 2-е изд. - М. : Издательство Юрайт, 2017. - 359. - (Бакалавр. Академический курс).

6. Кербер, Михаил Леонидович. Технология переработки полимеров. Физические и химические процессы : Учебное пособие / Кербер Михаил Леонидович; Кербер М.Л. - под ред. - 2-е изд. - Computer data. - М. : Издательство Юрайт, 2017. - 316.

7. Комиссаров, Юрий Алексеевич. Химико-технологические процессы : Учебник и практикум / Комиссаров Юрий Алексеевич; Комиссаров Ю.А., Глебов М.Б., Гордеев Л.С., Вент Д.П. - 2-е изд. - Computer data. - М. : Издательство Юрайт, 2017. - 359. - (Бакалавр. Академический курс).

8. Комиссаров, Юрий Алексеевич. Химико-технологические процессы : Учебник и практикум / Комиссаров Юрий Алексеевич; Комиссаров Ю.А., Глебов М.Б., Гордеев Л.С., Вент Д.П. - 2-е изд. - М. : Издательство Юрайт, 2017. - 359. - (Бакалавр. Академический курс).

9. Бочкарев, Валерий Владимирович. Оптимизация химико-технологических процессов : Учебное пособие / Бочкарев Валерий Владимирович; Бочкарев В.В. - М. : Издательство Юрайт, 2016. - 263. - (Университеты России).

Дополнительная литература

Печатные издания

1. Химия и химическая технология / под ред. Г.И. Новикова. - Минск : Университет, 1988. - 175 с.
2. Цыганков, Александр Павлович. Циклические процессы в химической технологии. Основы безотходных производств / Цыганков Александр Павлович, Сенин Владимир Николаевич. - Москва : Химия, 1988. - 320 с.
3. Сороко, Валерий Евгеньевич. Основы химической технологии : учебник / Сороко Валерий Евгеньевич, Вечная Светлана Васильевна, Попова Нина Николаевна; под ред. В.Е. Сороко. - Ленинград : Химия, 1986. - 295с.
4. Основы химической технологии: учебник. В 2 ч. Ч. 1 : Теоретические основы химической технологии / под ред. И.П. Мухленова. - 3-е изд., перераб. и доп. - Москва : Высшая школа, 1977. - 288 с.
5. Белоцветов, Алексей Всеволодович. Химическая технология : учебник / Белоцветов Алексей Всеволодович, Бесков Сергей Дмитриевич, Ключников Николай Григорьевич. - 4-е изд., перераб. - Москва : Просвещение, 1976. - 319 с.

Издания из ЭБС

1. Бочкарев, Валерий Владимирович. Оптимизация химико-технологических процессов : Учебное пособие / Бочкарев Валерий Владимирович; Бочкарев В.В. - М. : Издательство Юрайт, 2016. - 263.

Базы данных, информационно-справочные и поисковые системы

11. Электронная библиотека учебных материалов по химии портала фундаментального химического образования России ChemNet. [Электронный ресурс]. – URL: <http://www.chem.msu.ru/rus/elibrary/>.
12. Интеллектуальная поисковая система Нигма.РФ. [Электронный ресурс]. – URL: <http://www.nigma.ru>.

13. Электронная справочно-информационная система «Химический ускоритель». Иркутский государственный университет. [Электронный ресурс]. – URL: <http://www.chem.isu.ru/leos/>.

14. Поисковая система по химии CWM Global Search. Химико-технологический факультет СамГТУ . [Электронный ресурс]. – URL: <http://chem.samgtu.ru/node/79>.

15. Химик.ру – сайт о химии. [Электронный ресурс]. – URL: <http://www.xumuk.ru/bse/3009.html>.

16. Алхимик. Сайт кафедры неорганической химии МИТХТ им. М.В. Ломоносова. [Электронный ресурс]. – URL: <http://www.alhimik.ru/>.

17. Электронная библиотека рунета. Поиск книг и журналов без регистрации, бесплатно со ссылками для скачивания. - [Электронный ресурс]. URL: <http://www.bookfi.org/s/?q=химия+и+физика+высокомолекулярных+соединений&t=0>.

Доцент кафедры химии _____ Дабижа Ольга Николаевна
подпись

Заведующий кафедрой _____ Салогуб Елена Викторовна
подпись