

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Федеральное государственное автономное образовательное
учреждение высшего образования
«СЕВАСТОПОЛЬСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

ИНСТИТУТ ЯДЕРНОЙ ЭНЕРГИИ И ПРОМЫШЛЕННОСТИ

ОБЩАЯ ХИМИЧЕСКАЯ ТЕХНОЛОГИЯ

Методические указания
по выполнению расчетно-графической работы
для студентов очной и заочной форм обучения

Севастополь
СевГУ
2022

УДК 66.01(075.8)
ББК 35.10я73
О-28

Р е ц е н з е н т :

Г.В. Кучерик – канд. техн. наук, доцент, заведующий кафедрой
«Радиоэкология и экологическая безопасность»

Составители : С.А. Котельникова, В.Н. Григорьева, Е.А. Храброва

О-28 Общая химическая технология : методические указания по выполнению расчетно-графической работы для студентов очной и заочной формы обучения / Севастопольский государственный университет, Институт ядерной энергии и промышленности ; сост.: С.А. Котельникова, В.Н. Григорьева, Е.А. Храброва. – Севастополь: СевГУ, 2022. - 35 с.: ил. - Текст: электронный.

Содержатся краткие организационно-методические указания для выполнения расчетно-графических работ по курсу «Общая химическая технология» студентами очной и заочной форм обучения.

УДК 66.01(075.8)
ББК 35.10я73

Рассмотрены и рекомендованы к изданию на заседании ученого совета Института ядерной энергии и промышленности, протокол № 3 от 23 ноября 2021 г.

ВВЕДЕНИЕ

Цель изучения химической технологии как бурно развивающейся прикладной науки, предмет исследования которой химическое производство, – создать высокоэффективные химико-технологические системы.

Основные методы исследования – физико-химическое изучение химико-технологических процессов (ХТП) и их математическое моделирование, опирающееся на закономерности физико-химических, тепломассообменных и аэрогидродинамических явлений, системный анализ технологических схем и взаимодействий их элементов – предусмотрены в курсах общей химической технологии (ОХТ) и в курсах профилирующих специальностей.

Роль химика-технолога широкого профиля повышается во всех отраслях народного хозяйства. В связи с этим возрастает также значение курса «Общая химическая технология», которым завершается общая химико-технологическая подготовка инженера-химика.

В курсе ОХТ происходит интеграция знаний, требующая развития ассоциативного мышления и памяти. Поэтому в нем значительное место уделяется физико-химическим и технологическим аспектам анализа химических процессов, а также построению химико-технологических схем, с тем, чтобы обобщающее начало преобладало над описательным для различных типов ХТП.

Изучение курса ОХТ способствует развитию у студентов-технологов инженерного химико-технологического мышления. В результате изучения курса студенты должны получить современное научное представление об основных закономерностях химической технологии и способах управления ХТП, о реакторах химических производств, об использовании сырья и энергии в химической промышленности, а также ознакомиться с рядом важнейших химических производств. Знание курса ОХТ необходимо для успешного изучения последующих специальных дисциплин. Студенты должны прочно усвоить теоретические основы химической технологии и овладеть техникой химико-технологических расчетов, выработать навыки обобщения наблюдаемых факторов [1].

Расчетно-графическая работа является завершающим этапом работы студентов над учебной дисциплиной и одной из первых больших технических работ в процессе обучения. В то же время она является подготовительным этапом к дипломному проектированию и должна выполняться по тем же правилам и в соответствии с теми же требованиями.

Расчетно-графическая работа – творческая работа студентов, поэтому выполняется самостоятельно.

1. ОРГАНИЗАЦИОННО-МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ К РАСЧЕТНО-ГРАФИЧЕСКОЙ РАБОТЕ

Цель и структура расчетно-графической работы

Расчетно-графическая работа по химической технологии должна помочь студентам активизировать процесс самостоятельной классной и домашней работы:

- благодаря установлению логических и технологических связей между стадиями одного изучаемого производства или различными производствами, связанными между собой сырьевой базой и производимой продукцией;
- использованию и повторению ранее изученного материала, в том числе общих закономерностей химической технологии;
- индивидуализации работы над учебным материалом.

Расчетно-графическая работа дается по всем основным производствам, изучаемым в курсе химической технологии, или группам взаимосвязанных производств. В них объединены сквозными расчетами в единое целое задачи по подготовке и обогащению сырья, составлению материальных балансов, по определению производительности, интенсивности и количеству необходимых в производстве аппаратов, а также по применению производимой продукции в других смежных производствах. Таким образом, каждая РГР представляет упрощенный минитехнологический проект, выполнение которого расширяет представление студентов о структуре конкретного химического производства и его взаимосвязях с другими производствами химической отрасли [2].

Список рекомендуемой литературы для выполнения РГР

1. Общая химическая технология. - Ч. I, Ч. 2 / Под ред. И.П. Мухленова. - М.: Высшая школа, 1984.
2. Основы химической технологии / Под ред. И.П. Мухленова. - М.: Высшая школа, 1983.
3. Расчеты химико-технологических процессов / Под ред. И.П. Мухленова. - Л.: Химия, 1982.
4. *Лаптев М.А.* Методика выполнения материальных и тепловых расчетов / М.А. Лаптев. - Л.: СЗПИ, 1986.
5. *Бесков С.Д.* Технологические расчеты / С.Д. Бесков. - М.: Высшая школа, 1966.
6. Общая химическая технология / Под ред. А.Д. Амелина. - М.: Химия, 1977.
7. *Кутепов А.М.* Общая химическая технология / А.М. Кутепов,
8. *Л.И. Бондарева, М.Г. Беренгартен.* - М.: Высшая школа, 1990.
9. *Соколов Р.С.* Химическая технология: учеб. пособие для студентов высш. шк. В 2-х томах / Р.С. Соколов. - М.: Изд-во ВЛАДОС, 2003.
10. *Бесков В.С.* Общая химическая технология и основы промышленной экологии: Учебник для вузов / В.С. Бесков, В.С. Сафронов. – М.: Химия, 1999.

Содержание расчетно-графической работы

Текст задания содержит следующие компоненты:

1. Исходные данные в виде технического задания, в котором сформулированы перечень и последовательность проведения предусмотренных заданием технологических процессов (операций).
2. Содержание задания в виде перечня требований и вопросов, требующих решения и ответа.
3. Цифровые данные, необходимые для выполнения задания.

В содержание задания в качестве обязательных пунктов включены графическая интерпретация исходных данных в виде материально-потокowego графа перерабатываемых продуктов и составление материального баланса одной из стадий производства или одного из основных аппаратов (реакторов). Цифровые данные для выполнения задания даны в нем в виде таблицы с указанием наименования соответствующего показателя, его размерности, варианта задания и интервала возможных значений каждого показателя. Каждое задание содержит два технологических варианта, различающихся исходными данными.

В таблице содержатся все сведения, необходимые для расчетов по указанным в задании позициям: массы и объемы исходного сырья и целевых продуктов, их состав и концентрация, характеристики используемых в производстве аппаратов, их производительность и интенсивность, выход продуктов и степень превращения сырья и др. При расчетах следует использовать приведенные ниже постоянные значения некоторых величин:

- число рабочих дней в году 365;
- содержание кислорода в воздухе: 0,21 объемных долей; 0,23 массовых долей;
- плотность аммиака – 0,77 кг/м³;
- плотность метана – 0,72 кг/м³;
- плотность воздуха – 1,29 кг/м³;
- растворимость хлорида калия в щелоче: при 25 °С – 0,125 массовых долей, при 100 °С – 0,215 массовых долей;
- теоретический потенциал разряда ионов: хлора – 1,33; гидроксония - +0,84 В; калия - +1,20 В;
- теоретическое напряжение электролиза Al₂O₃ – 1,70 В;
- низшая теплота сгорания:

водорода – 10785 кДж/м ³ ;	бутанов – 118680 кДж/м ³ ;
метана – 35800 кДж/м ³ ;	этилена – 59080 кДж/м ³ ;
этана – 63770 кДж/м ³ ;	пропилена – 91964 кДж/м ³ ;
пропана – 91280 кДж/м ³ ;	бутиленов – 121428 кДж/м ³ .

Студент выполняет один из вариантов указанных преподавателем. Цифровые значения показателей преподаватель выбирает для каждого задания в пределах их интервала, указанного в таблице. Это значение задается с той же степенью точности, что указано в таблице [2].

Методика работы при выполнении задания

Выполнение РГР требует не только знания конкретных химических производств, изучаемых в курсе химической технологии, но и активного владения методикой технологических расчетов.

Выполнение РГР целесообразно осуществлять в следующей последовательности:

I. Подготовку к выполнению задания следует начинать с изучения производства, по которому предполагается выполнять РГР. Следует обратить особое внимание на структуру (последовательность технологических операций) данного производства. Для этого весь технологический процесс представляется в виде химической схемы, выражающей его основные стадии.

Пример 1. Производство серной кислоты из пирита (руды) может быть представлено в виде схемы, включающей пять последовательных стадий:

пирит → обогащение → пиритный концентрат → обжиг → печной газ → корректировка → скорректированный газ → контактирование → газ из контактного аппарата → абсорбция → серная кислота

Используется изученный теоретический материал, иллюстрирующий методику подобных расчетов и увязанные с технологией и аппаратным оформлением этой стадии. Например, для второй стадии приведенной выше схемы рассчитывается расход воздуха на обжиг концентрата и состав печного газа; для четвертой стадии – производительность контактного аппарата и состав выходящего из него газа и т.д. В процессе подобных расчетов приобретаются навыки в установлении взаимосвязей отдельных стадий производства, необходимые в последующем для выполнения РГР.

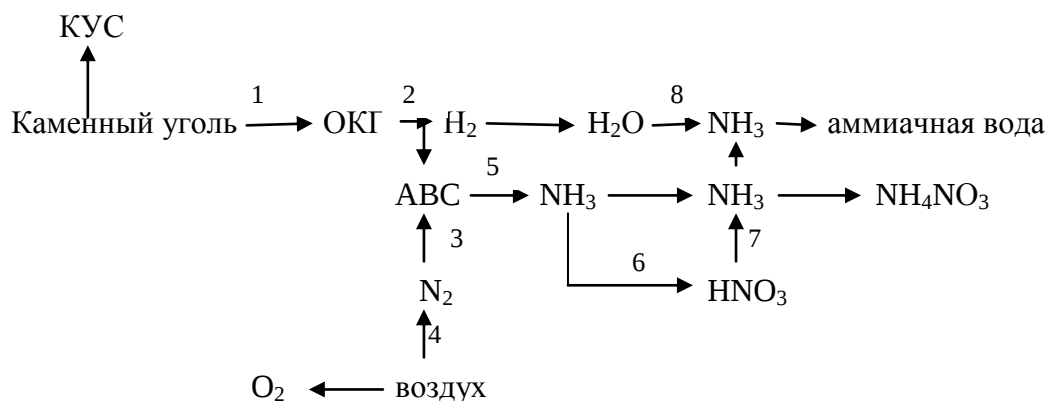
II. Выполнение РГР следует начинать с составления материально-поточного графа (схемы материальных потоков), отражающего все взаимосвязи переходов и превращений веществ, участвующих в технологическом процессе, указанном в задании. Узлами графа здесь являются вещества, ребрами графа – направления перемещения этих веществ в процессе взаимодействия. При составлении графа следует избегать излишней детализации, указывая лишь основные продукты; в то же время граф должен отражать все указанные в задании переходы (стадии процесса).

Пример 2. Составить материально-поточный граф технологических процессов, описываемых следующим заданием.

Из водорода обратного коксового газа (ОКГ), полученного при коксовании каменного угля и азота, полученного разделением воздуха, получают азотоводородную смесь (АВС). Из АВС производят аммиак, часть которого перерабатывают на нитрат аммония и отпускают на сторону в виде аммиачной воды. Из остального аммиака производят разбавленную азотную кислоту, часть которой используют в производстве нитрата аммония, а остальную отпускают в виде товарного продукта.

В материально-поточном графе индивидуальные химические вещества записывают в виде формул, а сложные системы – общепринятыми в химической технологии аббревиатурами (ОКГ, АВС и т.п.). На ребрах графов могут указываться в общем виде используемые реагенты и условия процесса (катализатор,

температура, давление и др.). При составлении графа целесообразно нумеровать стадии процессов, используя ту же нумерацию в дальнейшем при записи последовательности выполнения задания.



III. Исходя из составленного материально-потокowego графа и соблюдая отраженную в нем технологическую последовательность переходов по стадиям, следует решать всю цепочку поставленных в задании задач. Так как они взаимосвязаны, начинать следует с решения тех этапов, ответы на которые могут быть однозначно получены с использованием приведенных в задании цифровых данных. Полученные результаты используются в решении последующих этапов, пока не будут получены все перечисленные в задании ответы. Отдельно, независимо от общего хода выполнения задания, составляется материальный баланс.

IV. Выполненная РГР должна представлять собой единый расчет, отражающий сформулированную в условии задания и изображенную в виде материально-потокowego графа технологическую последовательность операций. Не следует оформлять задание в виде набора изолированных ответов на отдельные вопросы. Решение каждой последующей задачи (этапа) должно логически следовать и вытекать из результатов решения предыдущей задачи.

Показатель	Размерность	Числовое значение
Масса апатит-нефелиновой руды	т/год	$5 \cdot 10^5$
Выход апатитового концентрата из руды	дол. ед.	0,4
Содержание оксида фосфора (V), в:	дол.ед.	
- концентрате		0,38
- экстракционной кислоте		0,30
- упаренной кислоте		0,45
- двойном суперфосфате		0,55
Концентрация серной кислоты	масс. дол.	0,95

Выполненное задание, представляемое преподавателю, оформляется на отдельных листах формата 210 × 297 или в тетради. Возможно машинописное оформление задания. Из текста задания в отчет переносятся вариант, название задания, текст задания и исходные цифровые данные [2].

РГР должна быть написана технически и литературно грамотно, как правило, в безличной форме (принято, выбрано, произведено). В отдельных случаях допускается изложение от третьего лица единственного числа. Сокращения

слов, кроме общеупотребительных, не допускаются. В тексте должны даваться ссылки на литературные источники, откуда взяты те или иные утверждения, расчетные формулы и т.п. Ссылки даются в квадратных скобках с указанием порядкового номера источника в списке используемой литературы, который помещается в конце работы и содержит лишь те источники, на которые имеется ссылка. Список литературы составляется в порядке использования ссылок на него по тексту.

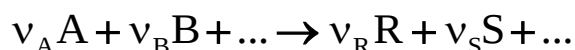
Все основные формулы, приводимые в работе, пишутся посередине строк и должны быть пронумерованы арабскими цифрами в скобках со сквозной нумерацией. Значения символов и числовых коэффициентов, входящих в формулу, должны быть приведены непосредственно под формулой. Значение каждого символа дается с новой строки в той последовательности, в какой символы приведены в формуле. Первая строка расшифровки должна начинаться со слова «где» без двоеточия после него. В конце текста расшифровки через запятую указываются единицы измерения в международной системе единиц.

Все формулы, используемые в расчетах, сначала должны даваться в буквенном выражении. Затем в формулу подставляются численные значения, и приводится результат расчета с обязательным указанием размерности. Конкретное содержание работы зависит от поставленной задачи.

Материальный баланс

Материальный баланс – это количественное соотношение между массами веществ, входящих в ХТС и выходящих из нее, выражающее закон сохранения массы. Специфика химико-технологического производства обуславливает различия между входящими и выходящими потоками не только по количественному, но и по качественному составу. Поэтому важнейший элемент материальных расчетов в химической технологии – суммарное уравнение реакции, на которой основан рассматриваемый ХТП. Вместе с тем на различных этапах часто появляется необходимость использовать уравнения промежуточных и побочных реакций.

Если в системе протекает реакция



уравнение материального баланса можно представить в виде [3]

$$G_A + G_B \dots = G_R + G_S + \dots + G_A'' + G_B'' + \dots, \quad (1)$$

где G_A , G_B – массы (или массовые расходы) исходных реагентов;

G_R , G_S – массы (или массовые расходы) продуктов;

$G_A'' + G_B''$ – массы не прореагировавших исходных реагентов.

Наиболее распространенная форма представления результатов материальных расчетов – таблица материального баланса (таблица 1).

Таблица 1 – Материальный баланс

ПРИХОД			РАСХОД		
Исходные реагенты	Масса	Массовые доли	Продукты	Масса	Массовые доли
A	G_A	$\frac{m_A}{\sum_{н.р.}} 100\%$	R	G_R	$\frac{G_R}{\sum_{прод}} 100\%$
B	G_B	$\frac{m_B}{\sum_{н.р.}} 100\%$	S	G_S	$\frac{G_S}{\sum_{прод}} 100\%$
			A	G'_A	$\frac{G'_A}{\sum_{прод}} 100\%$
			B	G'_B	$\frac{G'_B}{\sum_{прод}} 100\%$
Всего		100	Всего		100

Эта таблица может быть дополнена графами для отражения состава входящих и выходящих потоков в молях, объемах и соответствующих долях (процентах) [1].

Ниже приведен пример выполнения и оформления РГР на тему «Производство экстракционной фосфорной кислоты».

2. ПРИМЕР ВЫПОЛНЕНИЯ РАСЧЕТНО-ГРАФИЧЕСКОЙ РАБОТЫ

Задание на тему: «Производство экстракционной фосфорной кислоты»

Исходные данные

Из апатитонегелиновой руды обогащением получают апатитовый концентрат. Концентрат перерабатывают в экстракторах полугидратным методом в фосфорную кислоту. Полученную экстракционную кислоту упаривают в вакуум-выпарных аппаратах. Часть упаренной кислоты используют для производства двойного суперфосфата, остальную отпускают на сторону. Двойной суперфосфат применяют для удобрения полей.

Содержание задания

1. Составить материально-поточный граф перемещающихся продуктов, отражающий их производство и использование.

2. Рассчитать материальный баланс экстрактора на 1 т апатитового концентрата и представить его в виде таблицы в килограммах и массовых долях. При расчете баланса считать, что процесс разложения концентрата проходит полностью, а серная кислота применяется в виде моногидрата.

3. Определить: 1) массы серной кислоты и воды для производства фосфорной кислоты; 2) число экстракторов; 3) массу воды, испаряемой из фосфорной кислоты при ее концентрировании; 4) массу двойного суперфосфата; 5) массу фосфорной кислоты, отпускаемой на сторону; 6) массу апатитового концентрата, расходуемого на все производство двойного суперфосфата.

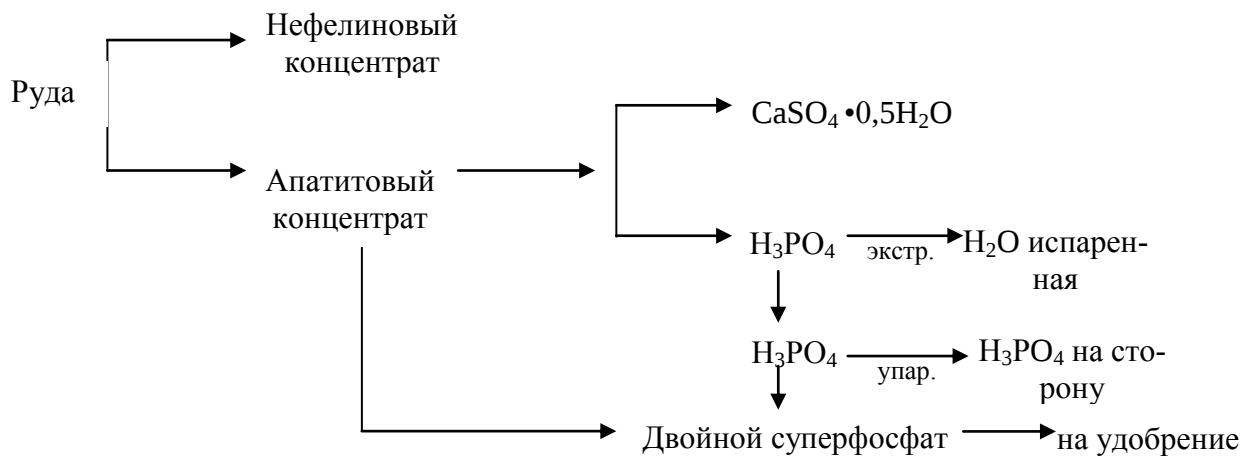
В таблице 2 приведены показатели для расчета [2].

Таблица 2 – Исходные данные для расчета

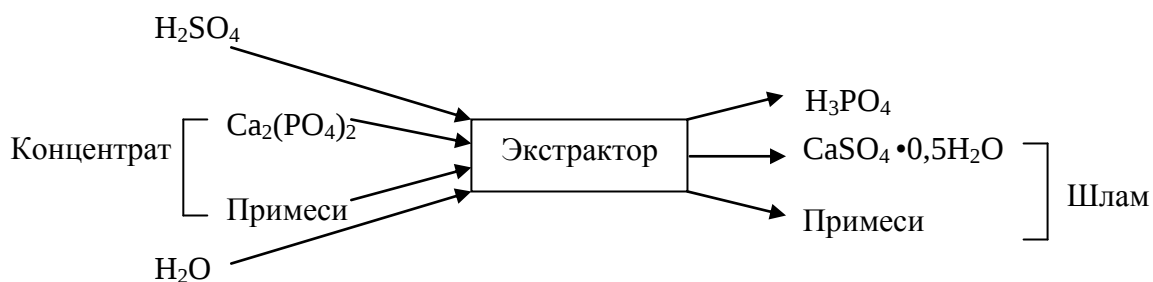
Данные для расчета	Размерность	Числовое значение
Избыток серной кислоты сверх стехиометрического		
Выход экстракционной фосфорной кислоты	Дол. ед.	0,10
Выход двойного суперфосфата	Дол. ед.	0,92
Размеры экстрактора:	Дол. ед.	0,9610
- диаметр	м	
- высота		10
Коэффициент заполнения объема экстрактора		5
Интенсивность экстрактора по фосфорной кислоте		0,85
Норма внесения фосфора по P_2O_5 в почву	Дол. ед.	16
Удобряемая площадь полей	кг/м ³ ·ч	45
Число рабочих дней в году	кг/га	$5 \cdot 10^5$
	дней	365

Решение задачи

1. Материально-поточковый граф

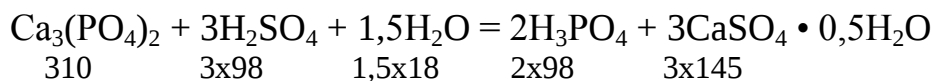


2. Материальный баланс экстрактора



Приход

Масса трикальцийфосфата в концентрате определяется из уравнения:



Массовая доля трикальцийфосфата в концентрате:

$$10^3 \cdot 0,38 \cdot 310/142 = 0,83$$

Масса трикальцийфосфата:

$$10^3 \cdot 0,83 = 830 \text{ кг.}$$

Масса серной кислоты:

$$830 \cdot 3 \cdot 98/310 = 788 \text{ кг.}$$

Масса воды

$$830 \cdot 1,5 \cdot 18/310 = 72 \text{ кг.}$$

Масса примесей в концентрате:

$$1000 - 830 = 170 \text{ кг.}$$

Расход

Масса сульфата кальция:

$$830 \cdot 3 \cdot 145/310 = 1165 \text{ кг.}$$

Масса фосфорной кислоты:

$$830 \cdot 2 \cdot 98/310 = 525 \text{ кг.}$$

Масса примесей в шламе (та же, что и в концентрате) 170 кг.

Итого:

$$830 + 788 + 72 + 170 = 1165 + 525 + 170 = 1860 \text{ кг.}$$

Полученные данные сводим в таблицу 3.

Таблица 3 – Материальный баланс

Приход			Расход		
Компонент	кг	Масс. доля	Компонент	кг	Масс. доля
Трикальцийфосфат	830	0,45	Сульфат кальция	1165	6,63
Серная кислота	788	0,42	Фосфорная кислота	525	0,28
Вода	72	0,04	Примеси в шламе	170	0,09
Примеси в трикальций-фосфате	170	0,09			
Итого	1860	1,00	Итого	1860	1,00

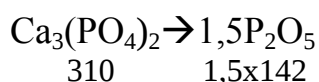
Далее расчеты ведем последовательно по каждой стадии процесса в соответствии с составленным материально-потокowym графом.

3. Переработка апатитнефелиновой руды

Масса апатитового концентрата:

$$5 \cdot 10^5 \cdot 0,4 = 2 \cdot 10^5 \text{ т/год}$$

Массовая доля ТКФ в концентрате из эквивалентности:



$$310 \cdot 0,38/1,5 \cdot 142 = 0,55$$

Масса ТКФ в концентрате:

$$2 \cdot 10^5 \cdot 0,55 = 1,1 \cdot 10^5 \text{ т/год.}$$

4. Производство двойного суперфосфата

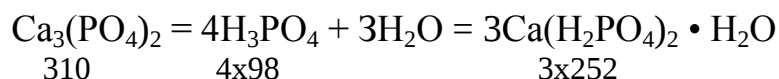
Масса фосфора в пересчете на P_2O_5 , вносимого в почву:

$$45 \cdot 5 \cdot 10^5/10^3 = 2,25 \cdot 10^4 \text{ т}$$

Масса двойного суперфосфата для этого %:

$$2,25 \cdot 10^4/0,55 = 4,09 \cdot 10^4 \text{ т.}$$

Масса упаренной фосфорной кислоты для производства суперфосфата определяется из уравнения (0,62 – концентрация упаренной кислоты):



$$4,09 \cdot 10^4 \cdot 4 \cdot 98/3 \cdot 252 \cdot 0,96 \cdot 0,62 = 3,56 \cdot 10^4 \text{ т/год.}$$

Масса ТФК для разложения в производстве двойного суперфосфата:

$$4,09 \cdot 10^4 \cdot 4,98/3 \cdot 252 \cdot 0,96 = 1,75 \cdot 10^4 \text{ т/год.}$$

Масса ТКФ для получения упаренной фосфорной кислоты в производстве двойного суперфосфата:

$$4,09 \cdot 10^4 \cdot 310/4 \cdot 98 \cdot 0,96 \cdot 0,62 = 5,43 \cdot 10^4 \text{ т/год.}$$

Общая масса ТКФ для производства двойного суперфосфата:

$$(1,75 + 5,43) \cdot 10^4 = 7,18 \cdot 10^4 \text{ т/год.}$$

Общая масса концентрата для производства двойного суперфосфата:

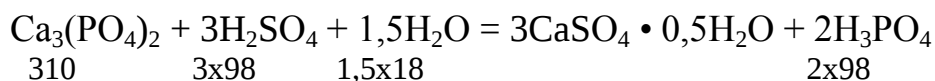
$$7,18 \cdot 10^4/0,55 = 1,305 \cdot 10^5 \text{ т/год.}$$

5. Производство экстракционной фосфорной кислоты

Масса трикальцийфосфата для производства фосфорной кислоты:

$$1,1 \cdot 10^5 - 1,75 \cdot 10^4 = 9,25 \cdot 10^4 \text{ т/год.}$$

Расчеты ведем исходя из уравнения полугидратного метода разложения:



Масса моногидрата серной кислоты:

$$9,25 \cdot 10^4 \cdot 3 \cdot 98 \cdot 1,1/310 \cdot 0,94 = 10,3 \cdot 10^4 \text{ т.}$$

Масса серной кислоты:

$$10,3 \cdot 10^4/0,95 = 10,84 \cdot 10^4 \text{ т/год.}$$

Масса воды с серной кислотой:

$$(10,84 - 10,3) \cdot 10^4 = 0,54 \cdot 10^4 \text{ т/год.}$$

Масса воды, необходимой для процесса:

$$9,25 \cdot 10^4 \cdot 18 \cdot 1,5/310 = 0,8 \cdot 10^4 \text{ т/год.}$$

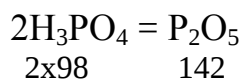
Масса добавляемой воды:

$$0,8 \cdot 10^4 - 0,54 \cdot 10^4 = 0,26 \cdot 10^4 \text{ т/год.}$$

Масса моногидрата фосфорной кислоты:

$$9,25 \cdot 10^4 \cdot 2 \cdot 98 \cdot 0,92/310 = 5,38 \cdot 10^4 \text{ т.}$$

Концентрация экстракционной фосфорной кислоты исходя из эквивалентности:



$$2 \cdot 98 \cdot 0,3/142 = 0,414 \text{ масс. долей.}$$

Масса экстракционной фосфорной кислоты:

$$5,38 \cdot 1070,414 = 13,0 \cdot 10^4 \text{ т/Г}$$

Заполняемый объем экстрактора:

$$3,14 \cdot 5 \cdot 10^2 \cdot 0,85/4 = 334 \text{ м}^3.$$

Производительность экстрактора:

$$334 \cdot 2416 \cdot 365/10^3 = 4,68 \cdot 10^4 \text{ т/год.}$$

Число экстракторов:

$$14 \cdot 10^4/4,68 \cdot 10^4 = 2,8 \text{ (3 экстрактора).}$$

6. Упаривание экстракционной фосфорной кислоты

Процесс упаривания фосфорной кислоты представим в виде схемы, из которой масса испаренной из нее воды определится как разность масс кислоты до и после упаривания:



Концентрация фосфорной кислоты после упаривания:

$$2 \cdot 98 \cdot 0,45/142 = 0,62 \text{ мас. дол.}$$

Масса упаренной кислоты:

$$5,38 \cdot 10^4/0,62 = 8,68 \cdot 10^4 \text{ т/год}$$

Массу воды в упаренной кислоте определяем из условия равенства масс моногидрата в кислоте до и после упаривания:

$$5,38 \cdot 10^4 (1 - 0,62)/0,62 = 3,4 \cdot 10^4 \text{ т/год.}$$

Масса испаренной воды:

$$1314 \cdot 10^4 - (5,38 + 3,4) \cdot 10^4 - 4,22 \cdot 10^4 \text{ т/год.}$$

Масса кислоты, отпускаемой на сторону:

$$(8,68 - 3,56) \cdot 10^4 - 5,12 \cdot 10^4 \text{ т/год [2].}$$

3. ЗАДАНИЕ К РАСЧЕТНО-ГРАФИЧЕСКОЙ РАБОТЕ

Задание № 1. Производство серной кислоты и олеума

Исходные данные

Из руды флотацией получают флотационный колчедан. Его обжигают в печах кипящего слоя «КС». Полученный печной газ разбавляют воздухом до заданного содержания SO_2 . Скорректированный по составу газ контактируют в аппаратах с неподвижным слоем катализатора по схеме двойного контактирования ДК-ДА, и после абсорбции получают H_2SO_4 .

Содержание задания

1. Составить материально-поточный граф перемещающихся продуктов, отражающий стадии производства.

2. Рассчитать материальный баланс печи обжига колчедана «КС» на 1 т колчедана и представить его в виде таблицы в кг и массовых долях. При расчете баланса принять выход SO_2 , указанный в задании для всего процесса.

3. Определить: 1) массу полученной серной кислоты; 2) степень обогащения при флотации руды; 3) число печей «КС» для обжига колчедана; 4) расход воздуха на получение печного газа в расчете на 1 т колчедана и состав печного газа, считая обжиг полным; 5) число контактных аппаратов окисления оксида серы (IV); 6) объем воздуха, добавляемый к 100 м^3 печного газа для его корректировки, и состав скорректированного газа; 7) состав газа, выходящего из контактного аппарата.

Исходные данные для расчета приведены в таблице 4.

Задание № 2. Производство серной кислоты и олеума

Исходные данные

Самородную серу для удаления примесей подвергают флотационному обогащению. Полученную флотационную серу сжигают в печах циклонного типа. Полученный печной газ разбавляют воздухом до заданного содержания оксида серы (IV). Скорректированный по составу газ контактирует в аппаратах с неподвижным слоем катализатора. Газ из контактного аппарата направляют на абсорбцию и получают серную кислоту и олеум.

Содержание задания

1. Составить материально-поточный граф перемещающихся продуктов, отражающий стадии производства.

2. Рассчитать материальный баланс сжигания серы на 1 т флотационной серы и представить его в виде таблицы в килограммах и массовых долях. При расчете баланса принять выход оксида серы (IV), указанный в задании для всего процесса.

3. Определить: 1) массу самородной и флотационной серы; 2) степень обогащения при флотации; 3) число циклонных печей для сжигания серы; 4) расход воздуха на получение печного газа в расчете на 1 т флотационной серы;

5) число контактных аппаратов окисления оксида серы (IV); 6) объем воздуха, добавляемый к 100 м^3 печного газа для его корректировки, и состав скорректированного газа; 7) состав газа, выходящего из контактного аппарата.

Исходные данные для расчета приведены в таблице 4.

Таблица 4 – Исходные данные для расчета вариантов № 1, № 2

Показатель	Размерность	Вариант	Интервал
Масса флотируемой руды	т/год	№ 1	$7 \cdot 10^5 - 6 \cdot 10^5$
Содержание серы в руде	масс. дол.	№ 1	0,28 – 0,32
Содержание серы в колчедане	масс. дол.	№ 1	0,40 – 0,45
Выход колчедана от руды	дол. ед.	№ 1	0,60 – 0,65
Степень извлечения колчедана	дол. ед.	№ 1	0,88 – 0,90
Интенсивность печи «КС» по колчедану	$\text{кг/м}^3 \cdot \text{ч}$	№ 1	38 – 42
Размеры печи «КС»:			
- высота	м	№ 1	10 – 12
- диаметр	м		4,0 – 5,5
Степень контактирования	дол. ед.	№ 1	
- на I ступени			0,88 – 0,92
- на II ступени			0,96 – 0,97
Концентрация серной кислоты	масс. дол.	№ 1, № 2	0,94 – 0,97
Степень абсорбции оксида серы (VI)	дол. ед.	№ 1	0,995 – 0,997
Выход оксида серы (IV)	дол. ед.	№ 1, № 2	0,91 – 0,94
Коэффициент избытка воздуха		№ 1, № 2	1,4 – 1,5
Содержание оксида серы (VI) в газе	об. дол.	№ 1, № 2	0,07 – 0,08
Размеры контактного аппарата:	м	№ 1, № 2	
- диаметр			3,8 – 4,0
- высота I слоя катализатора			0,38 – 0,42
- высота II слоя катализатора			0,50 – 0,54
- высота III слоя катализатора			0,48 – 0,52
- высота IV слоя катализатора			0,58 – 0,62
Интенсивность катализатора по SO_3	$\text{кг/м}^3 \cdot \text{ч}$	№ 1, № 2	380 – 400
Степень контактирования	дол. ед.	№ 2	0,97 – 0,98
Масса получаемой серной кислоты	т/год	№ 2	$8 \cdot 10^5 - 10^6$
Масса получаемого олеума	т/год	№ 2	$9 \cdot 10^4 - 10^5$
Содержание SO_3 в олеуме	масс. дол.	№ 2	0,19 – 0,20
Содержание серы в самородной сере	масс. дол.	№ 2	0,88 – 0,92
Выход серы при флотации	дол. ед.	№ 2	0,82 – 0,85
Степень извлечения серы	дол. ед.	№ 2	0,92 – 0,94
Содержание серы во флотационной сере	масс. дол.	№ 2	0,96 – 0,98
Интенсивность циклонной печи	$\text{кг/м}^3 \cdot \text{ч}$	№ 2	180 – 210
Объем циклонной печи	м^3	№ 2	18 – 21

Задание № 3. Производство аммиака и азотной кислоты

Исходные данные

Из водорода обратного коксового газа (ОКГ) и азота воздуха получают азотоводородную смесь (АВС). В колоннах синтеза среднего давления из АВС получают аммиак. Часть полученного аммиака перерабатывают на карбамид, нитрат аммония и отпускают в виде жидкого аммиака на сторону. Из остального аммиака получают разбавленную азотную кислоту. Часть этой азотной кислоты используют в производстве нитрата аммония, остальное количество отпускают в виде товарного продукта. Оксид углерода (IV) для синтеза карбамида получают обжигом известняка.

Содержание задания

1. Составить материально-поточный граф перемещающихся продуктов, отражающий переходы и превращения указанных в задании веществ.

2. Рассчитать материальный баланс контактного аппарата окисления аммиака на 1 т окисляемого продукта и представить его в виде таблицы в килограммах и массовых долях. При расчете баланса принять, что окисление аммиака протекает полностью.

3. Определить: 1) объем водорода и число газгольдеров для его хранения; 2) объем воздуха для производства АВС; 3) число колонн синтеза аммиака; 4) число контактных аппаратов окисления аммиака; 5) состав аммиачновоздушной смеси (АмВС), поступающей в контактный аппарат, и избыток воздуха в ней; 6) состав нитрозных газов, выходящих из контактного аппарата; 7) число поглотительных колонн и объем нитрозных газов, проходящих через колонну в час; 8) массу известняка для производства оксида углерода (IV).

Исходные данные для расчета приведены в таблице 5.

Задание № 4. Производство аммиака и азотной кислоты

Исходные данные

Из природного газа, содержащего метан, и водяного пара методом конверсии получают водород для производства азотоводородной смеси (АВС) путем смешения его с азотом воздуха. В колоннах синтеза среднего давления из АВС получают аммиак. Часть полученного аммиака перерабатывают в нитрат аммония, сульфат аммония и аммиачную воду. Из остального аммиака получают разбавленную азотную кислоту. Часть этой азотной кислоты используют в производстве нитрата аммония, остальную отпускают в виде товарного продукта. Серную кислоту для производства сульфата аммония получают из серы.

Содержание задания

1. Составить материально-поточный граф перемещающихся продуктов, отражающий переходы и превращения указанных в задании веществ

2. Рассчитать материальный баланс контактного аппарата окисления аммиака на 1 т окисляемого продукта и представить его в виде таблицы в килограммах и массовых долях. При расчете баланса принять, что окисление аммиака протекает полностью.

3. Определить: 1) объем природного газа и число газгольдеров для его хранения; 2) состав конвертированного газа в условиях его хранения, считая конверсию полной; 3) число колонн синтеза аммиака; 4) число контактных аппаратов окисления аммиака; 5) состав аммиачно-воздушной смеси (АмВС), поступающей в контактный аппарат и избыток воздуха в ней; 6) состав нитрозных газов, выходящих из контактного аппарата; 7) число поглотительных колонн и объем нитрозных газов, проходящих через колонну в час; 8) массу самородной серы для производства сульфата аммония.

Исходные данные для расчёта приведены в таблице 5.

Таблица 5 – Исходные данные для расчета вариантов № 3, № 4

Показатель	Размерность	Вариант	Интервал
Масса коксующего угля	т/сут.	№ 3	$1,8 \cdot 10^4 - 2,0 \cdot 10^4$
Выход ОКГ от угля	м ³ /т	№ 3	280 – 310
Содержание водорода в ОКГ	об. долей	№ 3	0,60 – 0,65
Условия хранения газа в газгольдере		№ 3, № 4	
- температура	°С		28 – 31
- давление	10 ⁵ Па		1,15 – 1,25
Размеры газгольдера:		№ 3, № 4	
- диаметр	м		48 – 52
- высота			60 – 65
Расчетный объем колокола	дол. объема	№ 3, № 4	0,75 – 0,80
Объем АВС, проходящий через колонну	м ³ /ч	№ 3	$1,9 \cdot 10^5 - 2,1 \cdot 10^5$
Масса карбамида	т/год	№ 3	$9 \cdot 10^4 - 10^5$
Выход карбамида	дол. ед.	№ 3	0,94 – 0,95
Масса нитрата аммония	т/год	№ 3, № 4	$10^5 - 1,2 \cdot 10^5$
Выход нитрата аммония	дол. ед.	№ 3, № 4	0,94 – 0,96
Масса жидкого аммиака	т/год	№ 3	$1,9 \cdot 10^5 - 2,1 \cdot 10^5$
Размеры катал. коробки колонны:		№ 3, № 4	
- диаметр	м		1,5 – 1,6
- высота	м		13 – 15
Объем теплообменника коробки	дол. ед.	№ 3, № 4	0,12 – 0,15
Содержание аммиака в газе	об. долей	№ 3, № 4	
- на входе в колонну			0,04 – 0,05
- на выходе из колонны			0,16 – 0,18
Интенсивность контакт. аппарата	кг/м ² · ч	№ 3, № 4	180 – 210
Диаметр сетки контакт. аппарата	м	№ 3, № 4	1,7 – 1,8
Содержание аммиака в АмВС	об. долей	№ 3, № 4	0,110 – 0,115
Степень окисления аммиака	дол.ед.	№ 3, № 4	0,96 – 0,98

Продолжение табл. 5

Показатель	Размерность	Вариант	Интервал
Доля аммиака, окисленного до NO	дол.ед.	№ 3, № 4	0,97 – 0,98
Доля аммиака, окисленного до N ₂	дол.ед.	№ 3, № 4	0,03 – 0,02
Степень абсорбции нитр. газов	дол.ед.	№ 3, № 4	0,94 – 0,96
Производительность поглотительной колонны по моногидрату HNO ₃	т/ч	№ 3, № 4	14 – 16
Степень переработки нитр. газов	дол.ед.	№ 3, № 4	0,90 – 0,92
Содержание NO ₂ в нитрозных газах	об. долей	№ 3, № 4	0,08 – 0,09
Концентрация товарной азотной кислоты	масс. дол.	№ 3, № 4	0,56 – 0,60
Время хранения газа в газгольдере	ч	№ 3, № 4	24 – 26
Содержание метана в природном газе	об. дол.	№ 4	0,95 – 0,98
Число конверторов природного газа		№ 4	6 – 7
Масса сульфата аммония	т/год	№ 4	$10^5 - 1,2 \cdot 10^5$
Выход сульфата аммония	дол. ед.	№ 4	0,92 – 0,94
Производительность конвектора по CH ₄	т/ч	№ 4	4,5 – 5,5
Масса аммиачной воды	т/год	№ 4	$4,5 \cdot 10^5 - 5,5 \cdot 10^5$
Концентрация аммиачной воды	масс. дол.	№ 4	0,23 – 0,25
Выход серной кислоты от серы	дол. ед.	№ 4	0,90 – 0,94
Содержание серы в самородной сере	масс. дол.	№ 4	0,96 – 0,98
Концентрация товарной азотной кислоты	масс. дол.	№ 4	0,56 – 0,60

Задание № 5. Производство минеральных удобрений

Исходные данные

Из аммиака, синтезированного из азотоводородной смеси (АВС), получают нитрат аммония, карбамид и нитроаммофоску, содержащую фосфорный компонент в форме моноаммонийфосфата. Азотная кислота для производства нитрата аммония поступает со стороны. Оксид углерода (IV) для производства карбамида получают обжигом карбоната кальция. Полученный раствор нитрата аммония упаривают до заданной концентрации. Хлорид калия для производства нитроаммофоски получают галургическим методом из сильвинита. Экстракционную фосфорную кислоту для этой же цели получают из фторапатитового концентрата. Нитроаммофоску используют для удобрения полей. При этом недостающее до нормы количество азота дополняют внесением в почву карбамида.

Содержание задания

1. Составить материально-поточный граф перемещения продуктов, отражающий переходы и превращения указанных в задании веществ.
2. Рассчитать материальный баланс аппарата нейтрализации (ИТН) на 1 т сухого нитрата аммония и представить его в виде таблицы в килограммах и массовых долях. При расчете баланса принять, что нейтрализация азотной кислоты аммиаком протекает полностью.
3. Определить: 1) число колонн синтеза аммиака; 2) массу азотной кислоты для производства нитрата аммония; 3) число печей обжига карбоната кальция;

4) массу сильвинита и массу фторапатитового концентрата для получения компонентов, используемых в производстве нитроаммофоски; 5) массу серной кислоты для производства фосфорной кислоты; 6) массу циркулирующего при 100 °С щелока для полного извлечения хлорида кальция из 1 т сильвинита; 7) площадь полей, удобряемых нитроаммофоской в расчете на калий (K_2O); 8) массу карбамида, вносимого на этой площади в почву для доведения содержания азота в ней до нормы.

Исходные данные для расчёта приведены в таблице 6.

Задание № 6. Производство минеральных удобрений

Исходные данные

Из аммиака, синтезированного из азотоводородной смеси (АВС), получают карбамид, нитрат аммония и нитроаммофоску, содержащую фосфорный компонент в форме моноаммонийфосфата. Азотная кислота для производства нитрата аммония поступает со стороны. Оксид углерода (IV) для производства карбамида получают обжигом карбоната кальция. Полученный раствор нитрата аммония упаривают до заданной концентрации. Хлорид калия для производства нитроаммофоски получают галургическим методом из сильвинита. Экстракционную фосфорную кислоту для этой же цели производят из фторапатитового концентрата. Нитроаммофоску используют для удобрения полей, при этом недостающее до нормы количество азота дополняют введением в почву нитрата аммония.

Содержание задания

1. Составить материально-поточный граф перемещающихся продуктов, отражающий переходы и превращения указанных в задании веществ.

2. Рассчитать материальный баланс аппарата нейтрализации (ИТН) на 1 т сухого нитрата аммония и представить его в виде таблицы в килограммах и массовых долях. При расчете баланса принять, что нейтрализация азотной кислоты аммиаком протекает полностью.

3. Определить: 1) число колонн синтеза аммиака; 2) массу азотной кислоты на производство нитрата аммония; 3) число печей обжига карбоната кальция; 4) массу сильвинита и массу фторапатитового концентрата для получения компонентов, используемых в производстве нитроаммофоски; 5) массу серной кислоты для производства фосфорной кислоты; 6) массу циркулирующего при 100 °С щелока для полного извлечения хлорида калия из 1 т сильвинита; 7) массу нитроаммофоски, вносимой в почву для удобрения полей в расчете на калий (K_2O); 8) массу нитрата аммония, вносимого в почву, для доведения содержания азота в ней до заданной нормы.

Исходные данные для расчета приведены в таблице 6.

Таблица 6 – Исходные данные для расчета вариантов № 5, № 6

Показатель	Размерность	Вариант	Интервал
Масса карбамида	т/год	№ 5	$5,9 \cdot 10^4 - 6,0 \cdot 10^4$
Масса нитрата аммония	т/год	№ 5	$4,8 \cdot 10^4 - 5,0 \cdot 10^4$
Масса нитроаммофоски (НАФК)	т/год	№ 5	$1,8 \cdot 10^5 - 2,0 \cdot 10^5$
Содержание КСl в продукте	масс. дол.	№ 5	0,94 – 0,96
Степень извлечения КСl из сырья	дол. ед.	№ 5	0,88 – 0,92
Норма внесения удобрения в почву: - азотных (N) - калийных (K ₂ O)	кг/га кг/га	№ 5, № 6	42 – 45 28 – 32
Содержание в нитроаммофоске: - азота (N) - калия (K ₂ O) - фосфора (P ₂ O ₅)	масс. дол.	№ 5, № 6	0,18 – 0,22 0,18 – 0,21 0,17 – 0,21
Доля азота в форме NH ⁴⁺ в НАФК	дол. ед.	№ 5, № 6	0,58 – 0,62
Выход нитрата аммония	дол. ед.	№ 5, № 6	0,94 – 0,96
Содержание нитрата аммония в растворе, выходящем из аппарата ИТН	масс. дол.	№ 5, № 6	0,68 – 0,72
Концентрация азотной кислоты	масс. дол.	№ 5, № 6	0,50 – 0,54
Выход карбамида	дол. ед.	№ 5, № 6	0,94 – 0,96
Объем катализатора в колонне	м ³	№ 5, № 6	2,8 – 3,0
Интенсивность катализатора	кг/м ³ · ч	№ 5, № 6	1480 – 1500
Размеры обжиговой печи: - диаметр - высота	м	№ 5, № 6	3,4 – 3,6 16 – 18
Интенсивность печи обжига	кг/м ³ · ч	№ 5, № 6	38 – 41
Выход оксида углерода (IV)	дол. ед.	№ 5, № 6	0,92 – 0,95
Содержание КСl в сильвините	масс. дол.	№ 5, № 6	0,18 – 0,22
Содержание P ₂ O ₅ в концентрате	масс. дол.	№ 5, № 6	0,32 – 0,38
Выход фосфорной кислоты	дол. ед.	№ 5, № 6	0,94 – 0,96
Степень использования фосфорной кислоты в производстве нитроаммофоски	дол. ед.	№ 5, № 6	0,88 – 0,92
Концентрация серной кислоты	масс. дол.	№ 5, № 6	0,93 – 0,94
Площадь удобряемых полей	га	№ 6	$10^5 - 1,1 \cdot 10^5$
Выход нитроаммофоски	дол. ед.	№ 5	0,88 – 0,92
Масса карбамида	т/год	№ 6	$3,8 \cdot 10^4 - 4 \cdot 10^4$
Выход КСl от сильвинита	дол. ед.	№ 6	0,20 – 0,22
Содержание СаСО ₃ в карбонате	масс. дол.	№ 5, № 6	0,92 – 0,94
Степень обжига карбоната кальция	дол. ед.	№ 5, № 6	0,95 – 0,96

Задание № 7. Промышленный электролиз. Производство гидроксидов натрия и калия, хлора и водорода

Исходные данные

В электролизном цехе хлорного завода водный раствор хлорида натрия подвергают электролизу в электролизерах с ртутным катодом. Продукты электролиза используют как химическое сырье. Хлором хлорируют этилен, получая дихлорэтан. Остаток хлора перерабатывают на синтетическую соляную кислоту. Водород для производства кислоты поступает со стороны. Водный раствор гидроксида натрия отпускают в качестве товарного продукта. Электролитический водород используют для производства аммиака.

Содержание задания

1. Составить материально-поточный граф перемещающихся продуктов, отражающий переходы и превращения указанных в задании веществ. 2. Определить: 1) годовую производительность цеха по хлору, водороду и водному раствору гидроксида натрия; 2) массы дихлорэтана, соляной кислоты и аммиака; 3) объем воды, подаваемой в разлагатель электролизера в час; 4) теоретический и практический расход электроэнергии на производство 1 т хлора и коэффициент использования энергии; 5) общую мощность электрогенераторов, обеспечивающих работу электролизного цеха.

Исходные данные для расчета приведены в таблице 7.

Задание № 8. Промышленный электролиз. Производство гидроксидов натрия и калия, хлора и водорода

Исходные данные

В электролизном цехе хлорного завода водный раствор хлорида калия подвергают электролизу в диафрагменных электролизерах. Продукты электролиза используют как химическое сырье. Хлором хлорируют бензол и уксусную кислоту, получая монохлорбензол и смесь моно- и дихлоруксусных кислот. Водный раствор гидроксида калия отпускают в качестве товарного продукта. Электролитический водород используют для производства аммиака.

Содержание задания

1. Составить материально-поточный граф перемещающихся продуктов, отражающий переходы и превращения указанных в задании веществ.

2. Определить: 1) годовую производительность цеха по хлору, водороду и водному раствору гидроксида калия; 2) массы аммиака, монохлорбензола и хлоруксусных кислот и побочного продукта хлорирования - хлористого водорода; 3) объем щелока, вытекающего из электролизера в час; 4) теоретический и практический расход электроэнергии на производство 1 т 100 %-го гидроксида калия и коэффициент использования электроэнергии; 5) мощность генераторов, обеспечивающих работу электролизного цеха.

Исходные данные для расчёта приведены в таблице 7.

Таблица 7 – Исходные данные для расчета вариантов № 7, № 8

Показатель	Размерность	Вариант	Интервал
Выход по току для натрия	дол. ед.	№ 7	0,96 – 0,98
Концентрация раствора хлорида натрия	масс. дол.	№ 7	0,48 – 0,52
Концентрация соляной кислоты	масс. дол.	№ 7	0,30 – 0,34
Выход хлористого водорода	дол. ед.	№ 7	0,94 – 0,96
Степень абсорбции HCl	дол. ед.	№ 7	0,97 – 0,98
Масса хлорируемого этилена	т/год	№ 7	$9 \cdot 10^3 - 10^4$
Выход дихлорэтана	дол. ед.	№ 7	0,96 – 0,98
Практическое напряжение электролиза	В	№ 7	4,4 – 4,7
Число электролизеров в цехе	штук	№ 7, № 8	95 – 110
Сила тока при электролизе	кА	№ 7, № 8	45 – 55
Выход по току для хлора	дол. ед.	№ 7, № 8	0,95 – 0,96
Выход аммиака при синтезе	дол. ед.	№ 7, № 8	0,92 – 0,94
Выход NaOH в разлагателе	дол. ед.	№ 7	0,96 – 0,98
Выход по току для водорода	дол. ед.	№ 8	0,96 – 0,98
Выход по току для КОН	дол. ед.	№ 8	0,96 – 0,98
Концентрация р-ра КОН	масс. дол.	№ 8	0,52 – 0,56
Содержание КОН в щелоче	кг/м ³	№ 8	135 – 142
Масса хлорируемого бензола	т/год	№ 8	$1,1 \cdot 10^4 - 1,3 \cdot 10^4$
Доля уксусной кислоты, хлорируемой до монохлоруксусной кислоты	дол. ед.	№ 8	0,60 – 0,65
Выход монохлоруксусной кислоты	дол. ед.	№ 8	0,94 – 0,96
Доля уксусной кислоты, хлорируемой до дихлоруксусной кислоты	дол. ед.	№ 8	0,35 – 0,40
Выход дихлоруксусной кислоты	дол. ед.	№ 8	0,90 – 0,92
Выход хлорбензола	дол. ед.	№ 8	0,88 – 0,92
Практическое напряжение электролиза	В	№ 8	4,2 – 4,4

Задание № 9. Производство глинозема и алюминия

Исходные данные

Из бокситовой руды, содержащей оксид алюминия в форме гидроаргелита, получают обогащением бокситовой концентрат. Концентрат перерабатывают методом спекания в трубчатых печах в глинозем. При этом оксид кремния переходит в дикальцийсиликат (ДКС). Выделяющийся при спекании оксид углерода (IV) используют для карбонизации раствора алюмината натрия, а избыток направляют на синтез карбамида. Из остающегося при выщелачивании дикальцийсиликата (шлама) получают цемент. Раствор глинозема в криолите подвергают электролизу и получают алюминий.

Содержание задания

1. Составить материально-поточный граф перемещающихся продуктов, отражающий переходы и превращения указанных в задании веществ.

2. Рассчитать материальный баланс печи спекания бокситового концентрата на 1 т концентрата и представить его в виде таблицы в килограммах и массовых долях. При расчете баланса принять, что процесс спекания протекает полностью.

3. Определить: 1) массы технической соды и известняка для спекания концентрата; 2) число печей; 3) объем оксида углерода (IV) для карбонизации раствора алюмината и производства карбамида; 4) массу карбамида; 5) массу цемента; 6) теоретический и практический расход электроэнергии на производство 1 т алюминия; 7) число электролизеров и мощность электрогенераторов, обеспечивающих их работу.

Исходные данные для расчета приведены в таблице 8.

Задание № 10. Производство глинозема и алюминия

Исходные данные

Из апатитнефелиновой руды обогащением получают нефелиновый концентрат. Концентрат перерабатывают методом спекания в трубчатых печах в глинозем. При этом оксид кремния переходит в дикальцийсиликат (ДКС). Выделяющийся оксид углерода (IV) используют для карбонизации раствора алюминатов натрия и калия, а излишек отпускают на сторону. Из оставшегося при выщелачивании ДКС (шлама) получают цемент. Раствор глинозема в криолите подвергают электролизу и получают алюминий.

Содержание задания

1. Составить материально-поточный граф перемещающихся продуктов, отражающий переходы и превращения указанных в задании веществ.

2. Рассчитать материальный баланс печи спекания нефелинового концентрата на 1 тонну концентрата и представить его в виде таблицы в килограммах и массовых долях. При расчете баланса принять, что процесс спекания протекает полностью.

3. Определить: 1) массу известняка для спекания концентрата; 2) объем оксида углерода (IV) для карбонизации растворов алюминатов натрия и калия и отпускаемого на сторону; 3) число печей; 4) массу цемента; 5) массу и состав образующегося «содопродукта»; 6) теоретический и практический расход электроэнергии на производство 1 т алюминия; 7) число электролизеров и мощность электрогенераторов.

Исходные данные для расчета приведены в таблице 8.

Таблица 8 – Исходные данные для расчета вариантов № 9, № 10

Показатель	Размерность	Вариант	Интервал
Масса бокситовой руды	т/год	№ 9	$9 \cdot 10^5 - 1 \cdot 10^6$
Выход бокситового концентрата	дол. ед	№ 9	0,85 – 0,90
Содержание в бокситовом концентрате:	масс. дол.	№ 9	
- оксида алюминия			0,48 – 0,52
- оксида кремния			0,09 – 0,11
Масса апатитонепелиновой руды	т/год	№ 10	$1,8 \cdot 10^6 - 2 \cdot 10^6$
Выход нефелинового концентрата	дол. ед.	№ 10	0,35 – 0,38
Содержание в нефелиновом концентрате:	масс. дол.	№ 10	
- оксида алюминия			0,26 – 0,32
- оксида кремния			0,40 – 0,45
- оксида натрия			0,10 – 0,12
- оксида калия			0,07 – 0,08
Содержание Na_2CO_3 в соде	масс. дол.	№ 9	0,93 – 0,95
Выход карбамида	дол. ед.	№ 9	0,93 – 0,94
Степень извлечения оксидов из концентрата	дол. ед.	№ 9, № 10	0,80 – 0,85
Потери CO_2 при спекании	дол. ед.	№ 9, № 10	0,10 – 0,12
Размеры печи для спекания:	м^3	№ 9, № 10	
- длина			100 – 110
- диаметр			3,8 – 4,0
Интенсивность печи по концентрату	$\text{кг/м}^3 \cdot \text{ч}$	№ 9, № 10	45 – 48
Содержание СаО в цементе	мас. дол.	№ 9, № 10	0,58 – 0,62
Выход цемента от массы шлама	дол. ед.	№ 9, № 10	0,85 – 0,90
Потери алюминия при электролизе	дол. ед.	№ 9, № 10	0,04 – 0,05
Сила тока в электролизере	кА	№ 9, № 10	95 – 105
Практическое напряжение электролиза	В	№ 9, № 10	4,5 – 4,6
Выход алюминия по току	дол. ед.	№ 9, № 10	0,85 – 0,90
КПД выпрямителя тока	дол. ед.	№ 9, № 10	0,95 – 0,96

Задание № 11. Производство чугуна и стали

Исходные данные

Из железной руды обогащением получают концентрат. Концентрат подвергают агломерации и из агломерата в доменной печи выплавляют чугун. В качестве топлива при плавке используют кокс и природный газ, содержащий метан. В шихту вводят в качестве флюсов известняк. При выплавке чугуна образуется доменный газ, содержащий оксид углерода (II) и оксид углерода (IV). Чугун в кислородных конверторах переделывают в сталь, содержащую примеси кремния и марганца.

Содержание задания

1. Составить материально-поточный граф перемещающихся продуктов, отражающий стадии производства.
2. Рассчитать материальный баланс доменной печи за сутки ее работы и представить его в виде таблицы в килограммах и массовых долях. При расчете

баланса состав агломерата, известняка, чугуна, шлака и доменного газа не расшифровывать, рассматривая их как единые продукты.

3. Определить: 1) годовую производительность доменной печи по чугуну; 2) КИПО доменной печи; 3) массу известняка для обеспечения годовой работы доменной печи; 4) объем доменного газа, выделяющегося из печи в сутки; 5) число конверторов для переделки выплавляемого чугуна; 6) объем кислорода на окисление избытка углерода, кремния и марганца при переделке суточной выплавки чугуна в сталь.

Исходные данные для расчета приведены в таблице 9.

Таблица 9 – Исходные данные для расчета вариантов № 11

Показатель	Размерность	Интервал
Мощность конвертора	т/ч	95 – 110
Время плавки в конверторе	мин	42 – 48
Масса перерабатываемой руды	т/сут	$2 \cdot 10^4 - 2,6 \cdot 10^4$
Содержание в агломерате: - железа - оксида кремния - оксида кальция	масс. дол.	0,60 – 0,64 0,10 – 0,14 0,09 – 0,11
Выход концентрата при обогащении	дол. ед.	0,38 – 0,42
Выход агломерата	дол. ед.	0,80 – 0,86
Полезный объем доменной печи	м ³	2000 – 3000
Доля железа, переходящего в чугун	дол. ед.	0,94 – 0,96
Содержание в чугуне: - углерода - кремния - марганца	масс. дол.	0,040 – 0,048 0,012 – 0,015 0,018 – 0,022
Удельный расход кокса (УРК)	т/т чугуна	0,45 – 0,50
Содержание углерода в коксе	масс. дол.	0,88 – 0,92
Расход природного газа	м ³ /т чугуна	95 – 105
Содержание метана в природном газе	об. дол.	0,94 – 0,98
Плотность природного газа	кг/м ³	0,74 – 0,76
Содержание СаСО ₃ в известняке	масс. дол.	0,88 – 0,92
Содержание в доменном газе: - оксида углерода (II) - оксида углерода (IV)	об. дол.	0,20 – 0,24 0,18 – 0,20
Плотность доменного газа	кг/м ³	1,29 – 1,32
Расход воздуха	м ³ /т агломерата	870 – 880
Выход шлака от массы чугуна	дол. ед.	0,70 – 0,75
Выход стали от массы чугуна	масс. дол.	0,90 – 0,92
Содержание в стали: - углерода - кремния - марганца		0,002 – 0,003 0,002 – 0,003 0,003 – 0,004

Задание № 12. Переработка нефти и нефтепродуктов

Исходные данные

Сырую нефть подвергают стабилизации, отделяя от нее попутный газ. Из попутного газа экстракцией этаноламином выделяют сероводород в виде его кислой соли. Стабилизированную нефть разгоняют на установке АВТ, получая в качестве продуктов прямой гонки бензин, реактивное топливо, дизельное топливо и широкую фракцию. Широкую фракцию подвергают каталитическому крекингу и получают крекинг-бензин, дизельное топливо и крекинг-газ. Бензин прямой гонки разгоняют на узкие фракции и каждую из них подвергают риформингу (ароматизации), получая, соответственно, бензол, толуол и смесь ксилолов.

Содержание задания

1. Составить материально-поточный граф перемещающихся продуктов, отражающих переходы и превращения указанных в задании веществ.

2. Определить: 1) массы продуктов прямой гонки нефти; 2) массу этаноламина для извлечения сероводорода из попутного газа; 3) массы продуктов каталитического крекинга широкой фракции; 4) массу этилена, содержащегося в крекинг-газе; 5) массы бензола, толуола и смеси ксилолов, полученных ароматизацией фракций бензина прямой гонки; 6) низшую теплоту сгорания крекинг-газа.

Исходные данные для расчета приведены в таблице 10.

Задание № 13. Переработка нефти и нефтепродуктов

Исходные данные

Сырую нефть подвергают стабилизации, отделяя от нее попутный газ. Из попутного газа экстракцией водным раствором аммиака выделяют сероводород в виде его кислой соли. Стабилизированную нефть разгоняют на установке АВТ, получая в качестве продуктов прямой гонки бензин, реактивное топливо, дизельное топливо и широкую фракцию. Широкую фракцию подвергают каталитическому крекингу и получают крекинг-бензин, дизельное топливо и крекинг-газ. Бензин прямой гонки подвергают каталитическому риформингу (облагораживанию), получая бензин с высоким октановым числом и газ риформинга.

Содержание задания

1. Составить материально-поточный граф перемещающихся продуктов, отражающий переходы и превращения указанных в задании веществ.

2. Определить: 1) массы продуктов прямой гонки нефти; 2) массу раствора аммиака для извлечения сероводорода из попутного газа; 3) массы продуктов каталитического крекинга широкой фракции; 4) массу бутанов, содержащихся в

газе риформинга; 5) массу облагороженного бензина; 6) низшую теплоту сгорания газа риформинга.

Исходные данные для расчета приведены в таблице 10.

Таблица 10 – Исходные данные для расчета вариантов № 12, № 13

Показатель	Размерность	Вариант	Интервал
Масса перерабатываемой сырой нефти	т	№ 12, № 13	$6 \cdot 10^6 - 7 \cdot 10^6$
Выход попутного газа	дол. ед.	№ 12, № 13	0,10 – 0,13
Состав попутного газа: - азот - сероводород - метан - этан - пропан - бутаны - пентаны	об. долей	№ 12, № 13	0,08 – 0,10 0,05 – 0,07 0,56 – 0,58 0,10 – 0,12 0,08 – 0,10 0,03 – 0,05 0,02 – 0,05
Выход продуктов прямой гонки нефти: - бензин - реактивное топливо - дизельное топливо - широкая фракция	дол. ед.	№ 12, № 13	0,22 – 0,25 0,12 – 0,15 0,20 – 0,24 0,30 – 0,34
Выход продуктов каталитического крекинга: - бензин - дизельное топливо - крекинг-газ	дол. ед.	№ 12, № 13	0,42 – 0,46 0,25 – 0,30 0,10 – 0,12
Состав крекинг-газа: - водород - метан - этан - пропан - этилен - пропилен - бутилен	об. долей	№ 12, № 13	0,09 – 0,10 0,25 – 0,27 0,10 – 0,12 0,035 – 0,045 0,22 – 0,25 0,15 – 0,18 0,075 – 0,110
Концентрация раствора аммиака	масс. дол.	№ 13	0,25 – 0,28
Выход продуктов риформинга - облагороженный бензин - газ риформинга	дол. ед.	№ 13	0,70 – 0,75 0,12 – 0,14
Состав газа риформинга: - водород - этан - пропан - бутаны - этилен	об. дол.	№ 13	0,080 – 0,085 0,050 – 0,055 0,36 – 0,38 0,39 – 0,41 0,090 – 0,095

Продолжение табл. 10

Показатель	Размерность	Вариант	Интервал
Выход ароматизируемых фракций при разгонке бензина	дол. ед.	№ 12	
- бензольной			0,28 – 0,35
- толуольной			0,35 – 0,40
- ксилольной			0,20 – 0,26
Выход ароматизированных фракций при риформинге	дол. ед.	№ 12	0,88 – 0,92
Содержание в ароматизированных фракциях:	масс. дол.	№ 12	
- бензол			0,28 – 0,32
- толуол			0,40 – 0,45
- ксилолы			0,40 – 0,45

Задание № 14. Переработка твердого и газообразного топлива

Исходные данные

Каменный уголь используют для сжигания в топках ТЭЦ и для производства кокса. Полученный при коксовании прямой коксовый газ перерабатывают на каменноугольную смолу (КУС), сырой бензол (СБ) и сульфат аммония. Из КУС выделяют фенолы, из СБ – бензол. Из обратного коксового газа (ОКГ) получают водород, который используют для синтеза аммиака, и метан. Метан подвергают паровой конверсии и кислородной конверсии (неполному окислению) для получения синтез-газа. Синтез-газ перерабатывают на метанол.

Содержание задания

1. Составить материально-поточный граф перемещающихся продуктов, отражающий переходы и превращения указанных в задании веществ.

2. Определить: 1) массу угля, сжигаемого в ТЭЦ в течение года; 2) число коксовых печей и батарей, в которые они объединены; 3) массу чугуна, который может быть выплавлен на полученном коксе; 4) массу раствора гидроксида натрия и объем оксида углерода (IV) для выделения фенолов из КУС (расчет вести на одноатомный фенол); 5) массу бензола, извлекаемого из СБ; 6) массу сульфата аммония, извлекаемого из прямого коксового газа; 7) массу аммиака, синтезируемого из водорода ОКГ; 8) массу метанола, полученного из синтез-газа.

Исходные данные для расчета приведены в таблице 11.

Задание № 15. Переработка твердого и газообразного топлива

Исходные данные

Каменный уголь используют для сжигания в топках ТЭЦ и для производства кокса. Полученный при коксовании прямой коксовый газ перерабатывают на каменноугольную смолу (КУС), сырой бензол (СБ) и сульфат аммония. Из КУС выделяют пиридиновые основания, из СБ – толуол. Из обратного коксового

го газа (ОКГ) получают водород, который используют для синтеза аммиака, и метан. Метан подвергают паровой конверсии и воздушной конверсии (неполному окислению) для получения азотоводородной смеси (АВС). Из АВС получают синтезом аммиак.

Содержание задания

1. Составить материально-поточный граф перемещающихся продуктов, отражающий переводы и превращения указанных в задании веществ.

2. Определить: 1) массу угля, сжигаемого в ТЭЦ в течение года; 2) число коксовых печей и батарей, в которые они объединены; 3) массу чугуна, который может быть выплавлен на полученном коксе; 4) массу серной кислоты на выделение пиридиновых оснований из КУС (расчет вести на пиридин); 5) массу толуола, извлекаемого из СБ; 6) массу сульфата аммония, извлекаемого из прямого коксового газа; 7) общую массу аммиака, производимого из продуктов коксования (водорода и метана); 8) объем азота, добавляемого к газу конверсии для корректировки его состава (доведения до состава АВС).

Исходные данные для расчета приведены в таблице 11 [2].

Таблица 11 – Исходные данные для расчета вариантов № 14, № 15

Показатель	Размерность	Вариант	Интервал
Производительность угольного карьера	т/год	№ 14, № 15	$2,4 \cdot 10^8 - 2,6 \cdot 10^8$
Состав каменного угля:	масс. долей	№ 14, № 15	
- углерод (г)			0,80 – 0,83
- кислород (г)			0,10 – 0,13
- водород (г)			0,05 – 0,06
- сера (г)			0,02 – 0,03
Содержание влаги в угле	масс. дол.	№ 14, № 15	0,05 – 0,06
Содержание золы в угле	масс. дол.	№ 14, № 15	0,06 – 0,10
Мощность ТЭЦ	кВт	№ 14, № 15	$42 \cdot 10^6 - 45 \cdot 10^6$
КПД теплостанции	дол. ед.	№ 14, № 15	0,20 – 0,24
Полезный объем коксовой печи	м ³	№ 14, № 15	36 – 40
Насыпная масса сухой шихты	т/м ³	№ 14, № 15	0,74 – 0,76
Время коксования	ч	№ 14, № 15	14,0 – 15,5
Число коксовых печей в батарее	шт.	№ 14, № 15	96 – 98
Удельный расход кокса	т/т чугуна	№ 14, № 15	0,45 – 0,50
Выход кокса от сухой шихты	дол. ед.	№ 14, № 15	0,75 – 0,78
Выход продуктов от сухой шихты:	дол. ед.	№ 14, № 15	
- каменноугольная смола			0,038 – 0,040
- сырой бензол			0,009 – 0,012
- аммиак			0,0030 – 0,0032
Выход ОКГ	м ³ /т сухой шихты	№ 14, № 15	325 – 330
Выход фракций от массы КУС:	дол. ед.	№ 14, № 15	
- фенольная			0,025 – 0,030
- поглотительная			0,12 – 0,15
- нафталиновая			0,10 – 0,12

Продолжение табл. 11

Показатель	Размерность	Вариант	Интервал
Содержание фенолов во фракциях КУС: - фенольная - нафталиновая	масс. дол.	№ 14	0,46 – 0,50 0,05 – 0,07
Концентрация раствора NaOH	масс. дол.	№ 14	0,20 – 0,24
Содержание пиридиновых оснований во фракциях: - поглотительная - нафталиновая	масс. дол.	№ 15	0,10 – 0,12 0,05 – 0,07
Концентрация серной кислоты	масс. дол.	№ 15	0,20 – 0,25
Выход аренов от массы СБ: - бензол - толуол	дол. ед.	№ 14, № 15	0,60 – 0,65 0,12 – 0,15
Содержание: - водород - метан Доля метана из ОКГ, подвергающегося:	об. дол.	№ 14, № 15	0,595 – 0,605 0,240 – 0,245
- паровой конверсии - неполному окислению	дол. ед.	№ 14, № 15	0,50 – 0,60 0,50 – 0,40
Степень конверсии метана - выход метанола - выход аммиака по водороду	дол. ед. дол. ед. дол. ед.	№ 14, № 15 № 14 № 15	0,9 – 1,0 0,94 – 0,95 0,94 – 0,96

ЛИТЕРАТУРА

1. *Григорьева В.Н.* Методические указания по курсу общей химической технологии: учеб. пособие / В.Н. Григорьева. – Севастополь: СИЯЭиП, 2001.
2. *Соколов Р.С.* Практические работы по химической технологии: учеб. пособие для студ. высш. учеб. заведений / Р.С. Соколов. – М.: Изд-во ВЛАДОС, 2004. – 271 с.
3. *Общая химическая технология: учеб. для химико-технологических специальностей вузов* /Под ред. И.П. Мухленова. – М.: Высшая школа, 1984. – Т.1. Теоретические основы химической технологии. – 256 с.

Приложение А

Пример оформления титульного листа РГР

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ
УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«СЕВАСТОПОЛЬСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Институт ядерной энергии и промышленности
(полное название института)

Кафедра Химия и химические технологии
(полное название кафедры)

РАСЧЕТНО-ГРАФИЧЕСКАЯ РАБОТА

по дисциплине

ОБЩАЯ ХИМИЧЕСКАЯ ТЕХНОЛОГИЯ

на тему _____

Выполнил: обучающийся
Группы _____

« ____ » _____ 20__ г.

Проверил: _____

« ____ » _____ 20__ г.

Оценка: _____

« ____ » _____ 20__ г.

Севастополь
20__

Приложение Б

Пример оформления задания на РГР

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ
УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«СЕВАСТОПОЛЬСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Институт ядерной энергии и промышленности

Кафедра Химия и химические технологии

Направление подготовки: 18.03.01 Химическая технология

Профиль: Химическая технология неорганических веществ

Курс _____ Группа _____ Семестр _____

З А Д А Н И Е НА РАСЧЕТНО-ГРАФИЧЕСКУЮ РАБОТУ

обучающегося _____
(фамилия, имя, отчество)

1. Тема Производство серной кислоты и олеума

2. Срок подачи обучающимся законченной работы _____

3. Входные данные к проекту

Из руды флотацией получают флотационный колчедан. Его обжигают в печах кипящего слоя «КС». Полученный печной газ разбавляют воздухом до заданного содержания SO_2 . Скорректированный по составу газ контактируют в аппаратах с неподвижным слоем катализатора по схеме двойного контактирования ДК-ДА, и после абсорбции получают H_2SO_4 .

4. Содержание пояснительной записки (перечень вопросов, которые нужно разработать)

1) Составить материально-потоковый граф перемещающихся продуктов, отражающий стадии производства.

2) Рассчитать материальный баланс печи обжига колчедана «КС» на 1 т колчедана и представить его в виде таблицы в кг и массовых долях. При расчете баланса принять выход SO_2 , указанный в задании для всего процесса.

3) Определить: 1) массу полученной серной кислоты; 2) степень обогащения при флотации руды; 3) число печей «КС» для обжига колчедана; 4) расход воздуха на получение печного газа в расчете на 1 т колчедана и состав печного газа, считая обжиг полным; 5) число контактных аппаратов окисления оксида серы (IV); 6) объем воздуха, добавляемый к 100 м^3 печного газа для его корректировки, и состав скорректированного газа; 7) состав газа, выходящего из контактного аппарата.

6. Дата выдачи задания _____

Обучающийся _____
(подпись) (фамилия и инициалы)

« ____ » _____ 20 __ г.

СОДЕРЖАНИЕ

Введение	3
1. Организационно-методические указания к расчетно- графической работе	4
2. Пример выполнения расчетно-графической работы	10
3. Задание к расчетно-графической работе	15
Литература	32
Приложение А. Пример оформления титульного листа РГР	33
Приложение Б. Пример оформления задания на РГР	34

ОБЩАЯ ХИМИЧЕСКАЯ ТЕХНОЛОГИЯ

Методические указания

Составители : **Котельникова** Светлана Александровна,
Григорьева Вита Николаевна, **Храброва** Елена Анатольевна

В авторской редакции

Изд. № 216/2021. Объем 2,25 п.л. Усл. печ. л. 2,09. Уч.-изд. л. 2,205.
РИИЦМ ФГАОУ ВО «Севастопольский государственный университет»