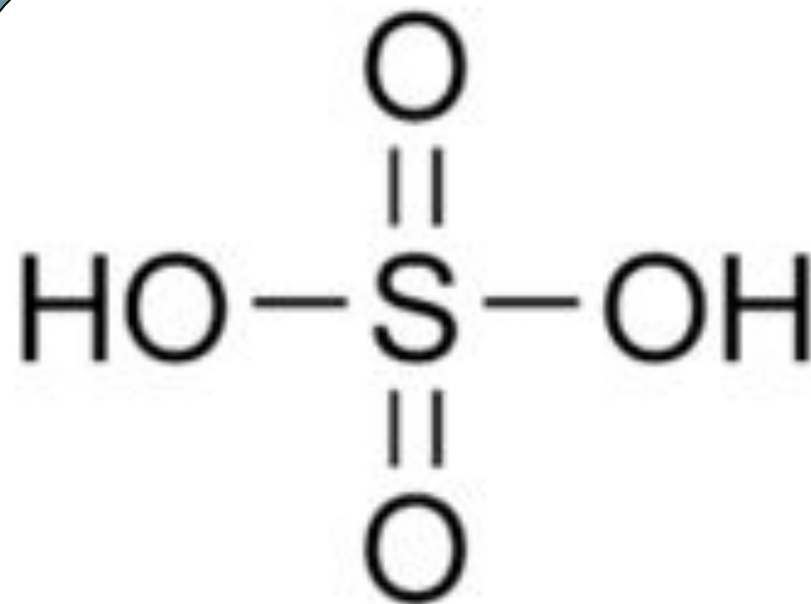
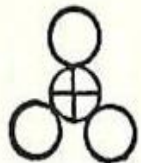


ПРОИЗВОДСТВО
СЕРНОЙ
КИСЛОТЫ

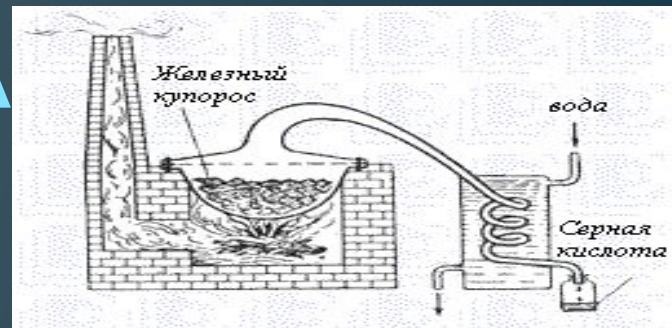


ИСТОРИЧЕСКАЯ СПРА

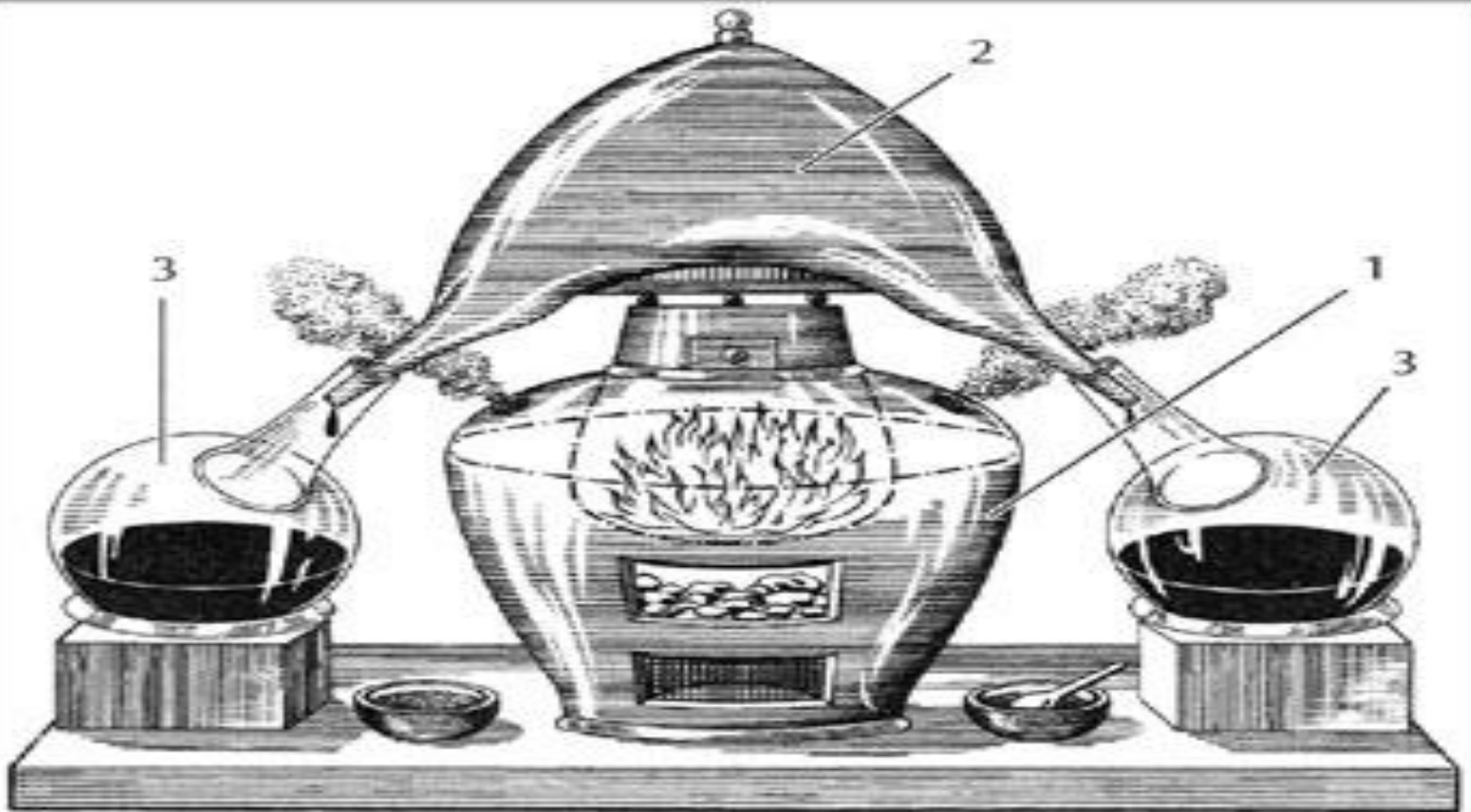
молекула серной кислоты по Дальтону



Sulphuric acid



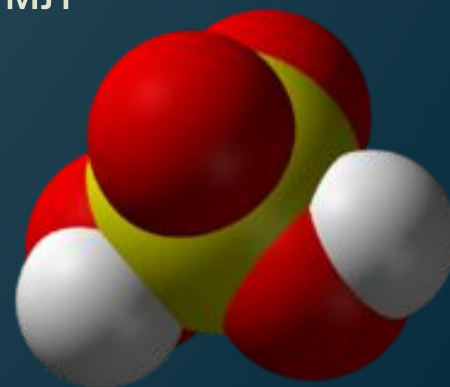
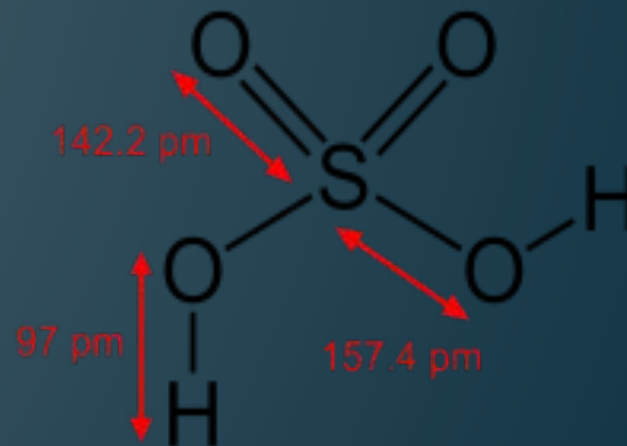
- Серная кислота известна с древности. Первое упоминание о кислых газах, получаемых при прокаливании квасцов или железного купороса «зеленого камня», встречается в сочинениях, приписываемых арабскому алхимику Джабир ибн Хайяну.
- Позже, в IX веке персидский алхимик Ар-Рази, прокаливая смесь железного и медного купороса ($\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ и $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$), также получил раствор серной кислоты. Этот способ усовершенствовал европейский алхимик Альберт Магнус, живший в XIII веке.
- В XV веке алхимики обнаружили, что серную кислоту можно получить, сжигая смесь серы и селитры, или из пирита — серного колчедана, более дешевого и распространенного сырья, чем сера. Таким способом получали серную кислоту на протяжении 300 лет, небольшими количествами в стеклянных ретортах. И только в середине 18 столетия, когда было



- Установка для получения серной кислоты
- сжиганием серы в присутствии селитры, XVIII в.:
- 1 – печь, разогреваемая углями; 2 – стеклянный сосуд, где образующиеся газы взаимодействуют с парами воды;
- 3 – колбы, в которые собирают олеум

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА СЕРНОЙ КИСЛОТЫ

- H_2SO_4
- Отн. молек. масса - 98,082 а. е. м.
- Молярная масса - 98,082 г/моль
- Состояние (ст. усл.) - жидкость
- Плотность - 1,8356 г/см³
- Температура плавления - $-10,38^\circ\text{C}$
- Температура кипения - $279,6^\circ\text{C}$
- Удельная теплота плавления - 10,73 Дж/кг
- Растворимость в воде - смешивается г/100 мл
- Показатель преломления - 1.397
- Дипольный момент - 2.72 Дебай
- Рег. номер CAS - 7664-93-9
- Регистрационный номер ЕС - 231-639-5
- RTECS - WS5600000



КИСЛОТЫ

- Безводная серная кислота – бесцветная тяжелая, маслянистая жидкость без запаха. Очень сильная двухосновная кислота, способная вызывать ожоги кожи. Плотность при 20°C 1,84 г/см³. Температура кристаллизации 10,37°C. Температура кипения моногидрата 296,2°C. При нагревании выше температуры кипения начинает разлагаться:
- $\text{H}_2\text{SO}_4 \rightarrow \text{SO}_3 + \text{H}_2\text{O}$
- Смешивается с водой и SO_3 во всех соотношениях, образуя гидраты $\text{H}_2\text{SO}_4 \cdot n\text{H}_2\text{O}$, где $n = 1, 2, 3, 4, 5$ и 6 . Вследствие образования гидратов при разбавлении водой происходит сильное разогревание серной кислоты. Температура кипения серной кислоты зависит от ее концентрации. С повышением концентрации водной серной кислоты температура кипения ее возрастает и достигает максимума 336,5°C при концентрации 98,3%, что соответствует азеотропному составу, после чего снижается.
- Безводная серная кислота растворяет до 70% оксида серы (VI). При обычной температуре она не летуча и не имеет запаха. При нагревании отщепляет SO_3 до тех пор, пока не образуется раствор, содержащий 98,3% H_2SO_4 . Безводная H_2SO_4 почти не проводит электрический ток.

КОНЦЕНТРИРОВАННОЙ СЕРНОЙ КИСЛОТЫ

- Концентрированная серная кислота является сильным окислителем. Окисляет Ni и частично Hg до свободных галогенов, углерод – до CO_2 , S – до SO_2 , окисляет многие металлы. Проведение окислительно-восстановительных реакций с участием H_2SO_4 обычно требует нагревания. Часто продуктом восстановления является SO_2 :
- $\text{S} + 2 \text{H}_2\text{SO}_4 = 3\text{SO}_2 \uparrow + 2\text{H}_2\text{O}$
- $\text{C} + 2 \text{H}_2\text{SO}_4 = 2\text{SO}_2 \uparrow + \text{CO}_2 \uparrow + 2\text{H}_2\text{O}$
- $\text{H}_2\text{S} + \text{H}_2\text{SO}_4 = \text{SO}_2 \uparrow + 2\text{H}_2\text{O} + \text{S} \downarrow$
- Сильные восстановители превращают H_2SO_4 в S или H_2S .
- Концентрированная серная кислота при нагревании реагирует почти со всеми металлами (исключая Au, Pt, Be, Bi, Fe, Mg, Co, Ru, Rh, Os, Ir), например:
- $\text{Cu} + 2 \text{H}_2\text{SO}_4 = \text{CuSO}_4 + \text{SO}_2 \uparrow + 2\text{H}_2\text{O}$
- Серная кислота образует соли – сульфаты (Na_2SO_4) и гидросульфаты (NaHSO_4). Нерастворимы соли – PbSO_4 , CaSO_4 , BaSO_4 и др.:
- $\text{H}_2\text{SO}_4 + \text{BaCl}_2 = \text{BaSO}_4 \downarrow + 2\text{HCl}$ Холодная серная кислота пассивирует железо, поэтому ее перевозят в железной таре. Безводная серная кислота хорошо растворяет SO_3 и реагирует с ним, образуя пирсерную кислоту, получающуюся по реакции:
- $\text{H}_2\text{SO}_4 + \text{SO}_3 = \text{H}_2\text{S}_2\text{O}_7$
- Растворы SO_3 в серной кислоте называются олеумом. Они образуют два соединения: $\text{H}_2\text{SO}_4 \cdot \text{SO}_3$ и $\text{H}_2\text{SO}_4 \cdot 2\text{SO}_3$

ХИМИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА РАЗБАВЛЕННОЙ СЕРНОЙ КИСЛОТЫ

- Окислительные свойства для разбавленной серной кислоты нехарактерны. Разбавленная серная кислота обладает химическими свойствами, характерными для всех кислот: взаимодействует с основаниями, с основными и амфотерными оксидами, с солями:
- $\text{H}_2\text{SO}_4 + 2\text{NaOH} = \text{Na}_2\text{SO}_4 + 2\text{H}_2\text{O}$
- $\text{H}_2\text{SO}_4 + \text{CaO} = \text{CaSO}_4 + \text{H}_2\text{O}$
- $\text{H}_2\text{SO}_4 + \text{CaCO}_3 = \text{CaSO}_4 + \text{CO}_2 \uparrow + \text{H}_2\text{O}$
- При взаимодействии разбавленной серной кислоты с металлами, стоящими в ряду стандартных электродных потенциалов левее водорода, образуются соли серной кислоты (сульфаты) и выделяется водород:
- $\text{Zn} + \text{H}_2\text{SO}_4 = \text{ZnSO}_4 + \text{H}_2 \uparrow$
- Свинец не растворяется в разбавленной серной кислоте вследствие образования на его поверхности нерастворимого сульфата свинца

КИСЛОТЫ

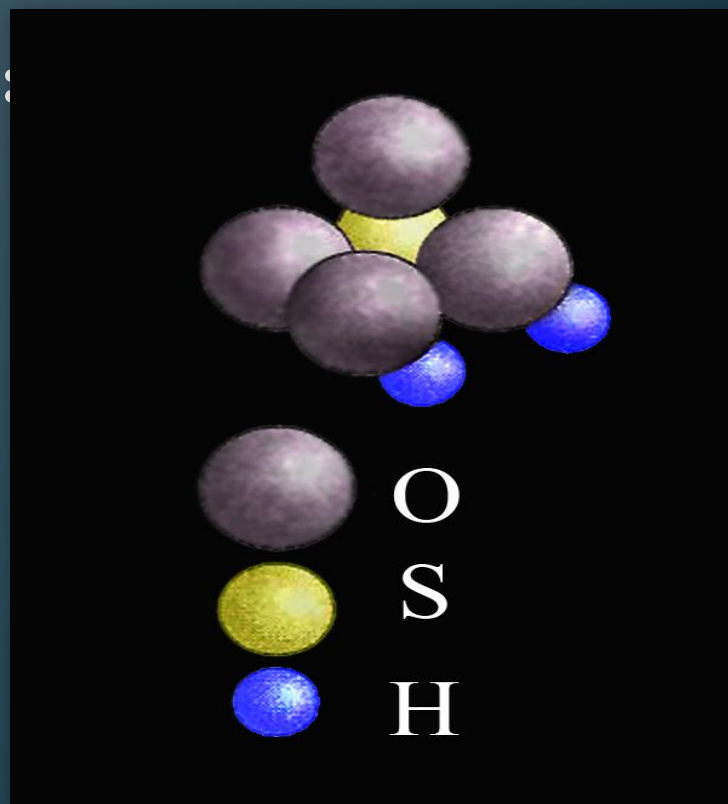
- В промышленности применяют два метода окисления SO_2 в производстве серной кислоты: контактный — с использованием твердых катализаторов (контактов), и нитрозный — с оксидами азота.
- Нитрозный метод получения серной кислоты:
- $\text{SO}_2 + \text{NO}_2 \rightarrow \text{SO}_3 + \text{NO} \uparrow$.
- $2\text{NO} + \text{O}_2 \rightarrow 2\text{NO}_2$
- При реакции SO_3 с водой выделяется огромное количество теплоты и серная кислота начинает закипать с образованием "туманов" $\text{SO}_3 + \text{H}_2\text{O} = \text{H}_2\text{SO}_4 + Q$ Поэтому SO_3 смешивается с H_2SO_4 , образуя раствор SO_3 в 91% H_2SO_4 — олеум.
- Получение серной кислоты (т.н. купоросное масло) из железного купороса - термическое разложение сульфата железа (II) с последующим охлаждением смеси:
- $2\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{Fe}_2\text{O}_3 + \text{SO}_2 + \text{H}_2\text{O} + \text{O}_2$
- $\text{SO}_2 + \text{H}_2\text{O} + \text{O}_2 \rightleftharpoons \text{H}_2\text{SO}_4$

ХИМИЗМ ПРОЦЕССА

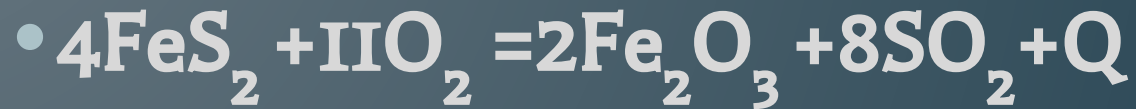
Производство серной кислоты из пирита

Включает три стадии:

- Обжиг пирита
- Окисление оксида серы(IV) в оксид серы(VI)
- Гидратация оксида серы(VI)



ОБЖИГ ПИРИТА



Эта реакция является:

экзотермической
необратимой
гетерогенной
некаталитической

Осуществляется в печи обжига

ПИРИТА
Температура в печи для обжига

достигает 800°C

В результате обжига пирита

получается обжиговый газ, состав

которого: SO_2 , O_2



ПЕЧЬ ДЛЯ ОБЖИГА ПИРИТА



Сверху в печь по транспортеру засыпается измельчённый пирит. Снизу, через компрессор, подается воздух, обогащенный кислородом. Возникает эффект «*кипящего слоя*»: частицы пирита плавают в потоке воздуха (принцип противотока).

ОПТИМАЛЬНЫЕ УСЛОВИЯ

Для обжига пирита: измельчение пирита,

$T=800\text{ }^{\circ}\text{C}$, отвод лишнего тепла, увеличение концентрации кислорода в воздухе.

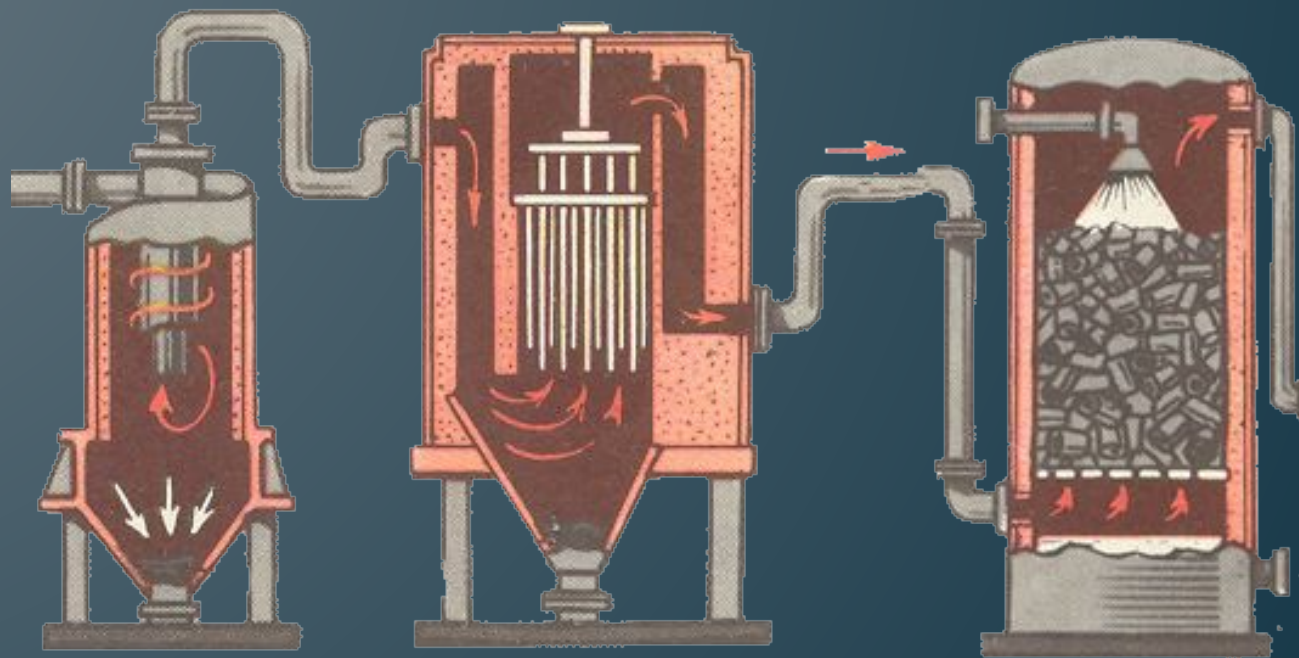
Для окисления оксида серы:

$T=450\text{ }^{\circ}\text{C}$,

применение катализатора V_2O_5 .

Для гидратации: применение не воды, а концентрированной серной кислоты.

ОЧИСТКА ПЕЧНОГО ГАЗА



Прежде чем газовая смесь поступит на вторую стадию (окисление), ее необходимо очистить от примесей, чтобы избежать «отравления» катализатора. Для этого используют: циклон(в котором происходит очистка под действием центробежной силы), электрофильтр (за счет электростатического взаимодействия), а затем осушается в сушильной башне (заполненной керамическими насадками)

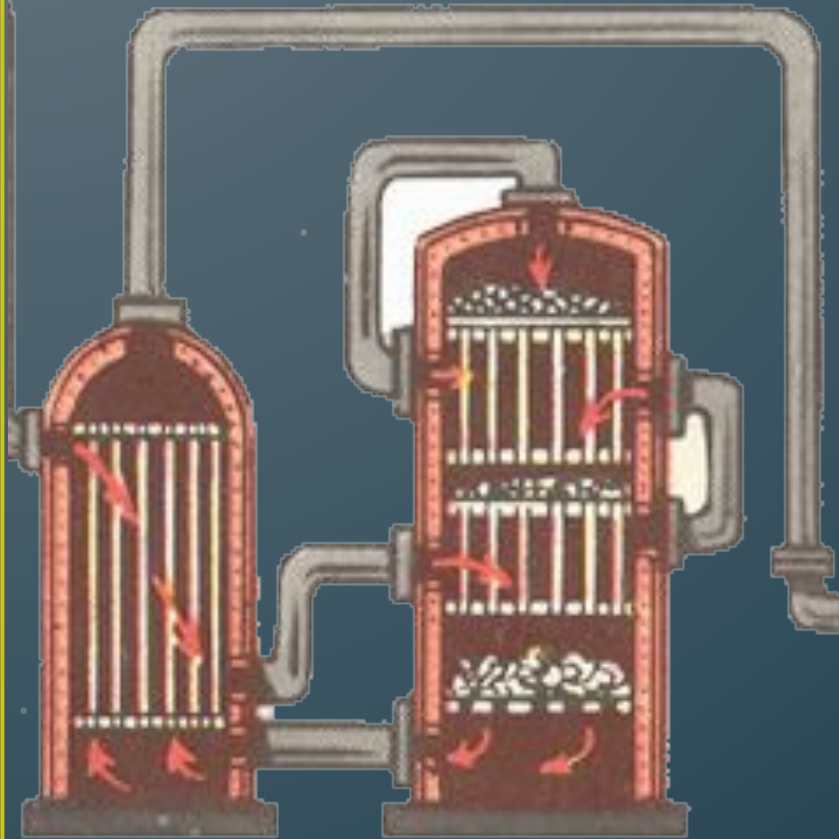
срещаемой концентрированной серной кислотой

ОКИСЛЕНИЕ ОКСИДА СЕРЫ(IV)

кат. V_2O_5

- $2SO_2 + O_2 \rightleftharpoons 2SO_3 + Q$ получение триоксида серы
- Эта реакция является: обратимой
- каталитической
- гетерогенной
- экзотермической.
- Осуществляется в контактном аппарате
- Реакции с максимальным образованием SO_3 проходит при температуре 400-500 °C
- Прямая реакция протекает с уменьшением объёмов газов: слева 3V газов ($2VSO_2$ и $1VO_2$), а справа - $2V SO_3$

КОНТАКТНЫЙ АППАРАТ



Тщательно очищенную газовую смесь, перед поступлением в контактный аппарат, нагревают в теплообменнике за счет тепла газов, выходящих из контактного аппарата.

В контактном аппарате газы вступают в реакцию на поверхности катализатора оксида ванадия (V)

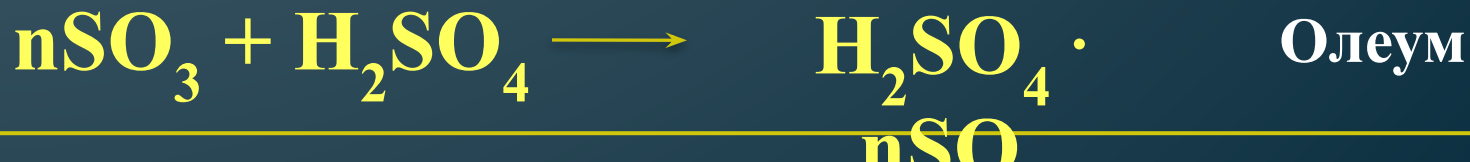
V_2O_5 , рассыпанного на полках. Продукт реакции оксид серы (VI)

SO_3 направляется в теплообменник.

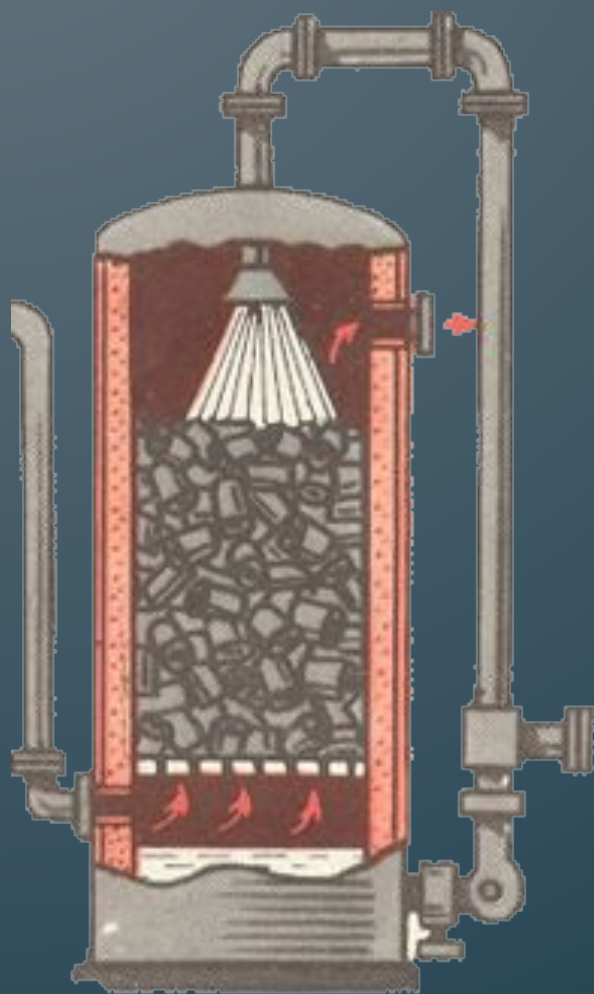
ГИДРАТАЦИЯ ОКСИДА СЕРЫ(VI)

- $\text{SO}_3 + \text{H}_2\text{O} = \text{H}_2\text{SO}_4$
- Эта реакция является:
 - необратимой
 - некаталитической
 - гетерогенной
- Осуществляется в поглотительной башне

Для того, чтобы не образовывалось сернокислотного тумана, используют 98%-ную концентрированную серную кислоту.



ПОГЛОТИТЕЛЬНАЯ БАШНЯ



Аппарат заполняют керамическими насадками. Сверху они орошаются

H_2SO_4 (конц.). Воду не используют из-за образования тумана.

Снизу поступает оксид серы (VI) SO_3 по принципу противотока.

Продукт – олеум H_2SO_4^*
 $n\text{SO}_3$ направляется на склад.

МАТЕРИАЛЬНЫЙ БАЛАНС

- **Исходные данные:**

- 1. В печь поступает колчедан 40 т/сут.
- 2. Состав колчедана, % масс:
 - FeS_2 – 70%;
 - песок (глина) – 25%; влага – 5%.
- 3. Содержание FeS_2 в огарке – 2 %.
- 4. Коэффициент избытка воздуха $\alpha = 1,5$. Состав воздуха кислород-21%_{об.}, азот-79%_{об.}

- **Решение:**

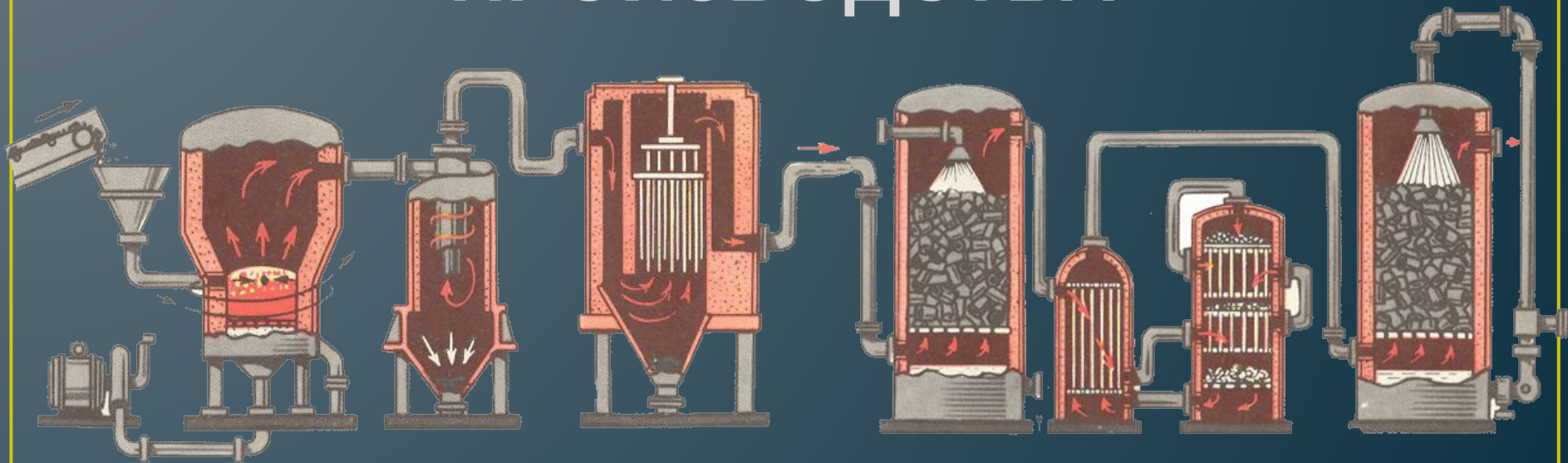
- $4\text{FeS}_2 + 11\text{O}_2 \rightarrow 8\text{SO}_2 + 2\text{Fe}_2\text{O}_3$
- 1. Рассчитаем, сколько пирита содержится в колчедане:
 - $40 \cdot 0,7 = 28$ т/сут
- 2. Рассчитаем, сколько песка содержится в колчедане:
 - $40 \cdot 0,25 = 10$ т/сут
- 3. Рассчитаем, сколько влаги содержится в колчедане:
 - $40 \cdot 0,05 = 2$ т/сут
- 4. Молярная масса компонентов реакционной смеси : $M_r(\text{FeS}_2) = 120$ кг/кмоль, $M_r(\text{O}_2) = 32$ кг/кмоль, $M_r(\text{Fe}_2\text{O}_3) = 160$ кг/кмоль, $M_r(\text{SO}_2) = 64$ кг/кмоль.
- 5. Рассчитаем, сколько диоксида серы по массе получится при обжиге 40 т колчедана, содержащего 28 т пирита:
 - $(28 \text{ т/сут} \cdot 8 \cdot 64 \text{ кг/кмоль}) / (4 \cdot 120 \text{ кг/кмоль}) = 29,87$ т/сут
- 6. Рассчитаем массу образовавшегося огарка:
 - $(28 \text{ т/сут} \cdot 160 \text{ кг/кмоль} \cdot 2) / (4 \cdot 120 \text{ кг/кмоль}) = 18,67$ т/сут.
- 7. Рассчитаем содержание FeS_2 в огарке:
 - $18,67 \text{ т/сут} \cdot 0,02 = 0,37$ т/сут

- 8. Рассчитаем содержание Fe_2O_3 :
- $18,67 \text{ т/сут} - 0,37 \text{ т/сут} = 18,3 \text{ т/сут}$
- 9. Рассчитаем массу кислорода, израсходованного на получение $29,87 \text{ т/сут SO}_2$:
- $(29,87 \text{ т/сут} \cdot 11 \cdot 32 \text{ кг/кмоль}) / (8 \cdot 64 \text{ кг/кмоль}) = 20,54 \text{ т/сут}$
- 10. Рассчитаем массу кислорода с учетом коэффициента избытка воздуха
- $\alpha = 1,5$:
- $20,54 \text{ т/сут} \cdot 1,5 = 30,81 \text{ т/сут}$
- 11. Рассчитаем объем кислорода:
- $(20,54 \text{ т/сут} \cdot 22,4 \text{ м}^3/\text{кмоль}) / 0,032 \text{ т/кмоль} = 14378 \text{ м}^3/\text{сут}$
- 12. Рассчитаем объем кислорода с учетом коэффициента избытка воздуха
- $\alpha = 1,5$:
- $14378 \text{ м}^3/\text{сут} \cdot 1,5 = 21567 \text{ м}^3/\text{сут}$
- 13. Рассчитаем объем воздуха, поступившего на окисление:
- $21567 \text{ м}^3/\text{сут} / 0,21 = 102700 \text{ м}^3/\text{сут}$.
- 14. Рассчитаем массу воздуха, поступившего на окисление:
- $(102700 \text{ м}^3/\text{сут} \cdot 0,02884 \text{ т/кмоль}) / 22,4 \text{ м}^3/\text{кмоль} = 132,23 \text{ т/сут}$.
- 15. Рассчитаем массу отработанного воздуха:
- $(132,23 \text{ т/сут} - 30,81 \text{ т/сут}) + (30,81 \text{ т/сут} - 20,54 \text{ т/сут}) = 111,7 \text{ т/сут}$.
- 16. Рассчитаем массу вышедшего кислорода:

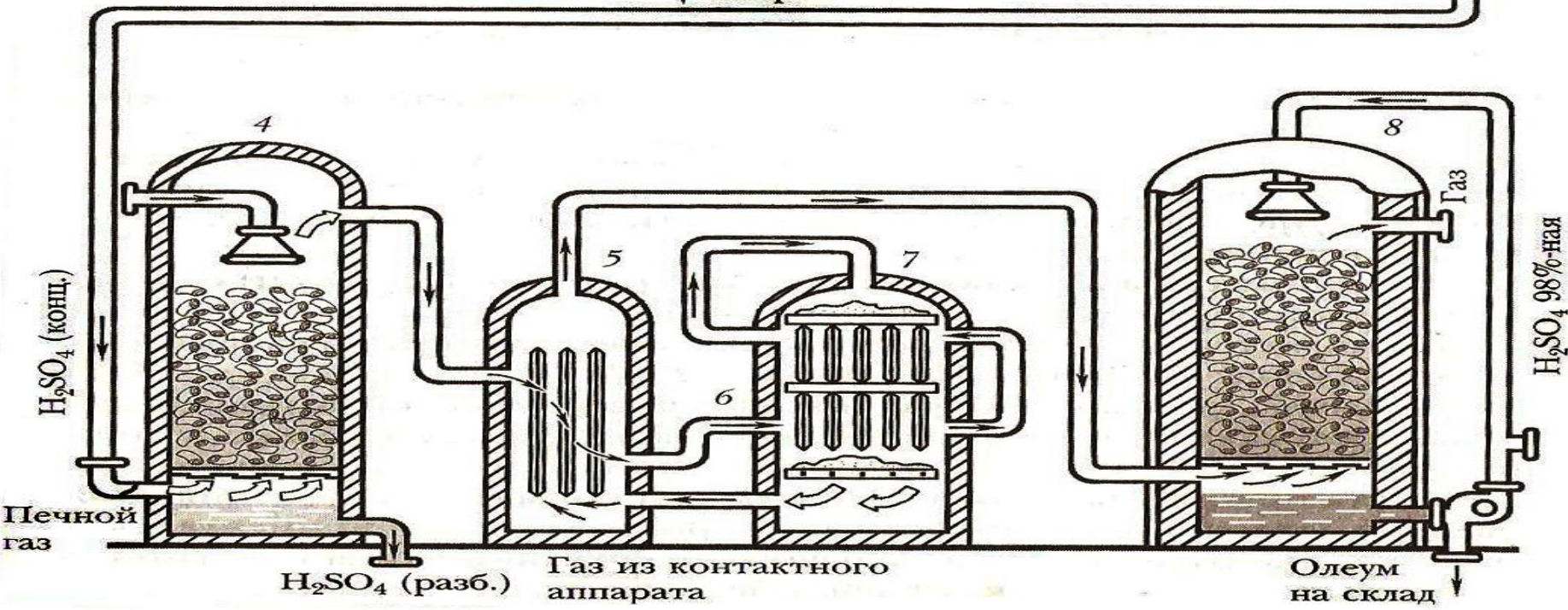
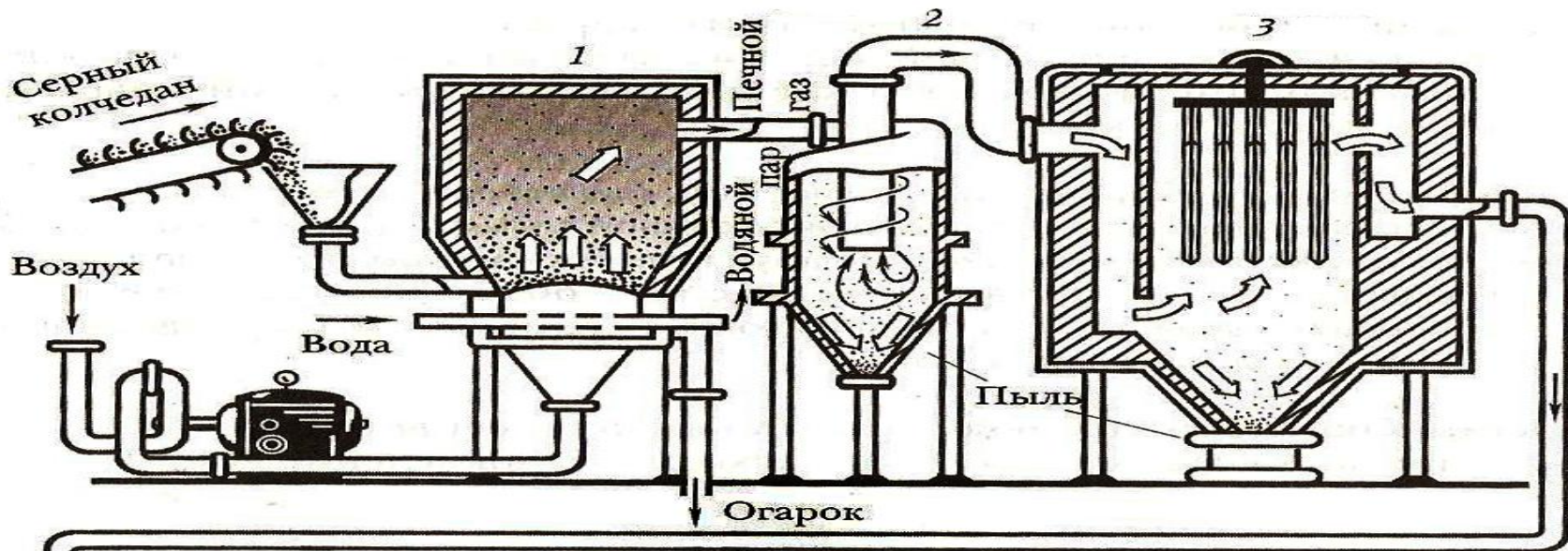
Приход					
Исходное вещество	кг/ч	т/сут.	т/мес.	т/год	%масс
Колчедан, в т.ч.:	1666,7	40,0	1200,0	14400	23,22
- пирит	1166,7	28,0	840,0	10080,0	
- влага	83,3	2,0	60,0	720,0	
- песок (глина)	416,7	10,0	300,0	3600,0	
Воздух, в т.ч.:	5509,6	132,23	3966,9	47602,8	76,78
- O ₂	1283,8	30,81	924,3	11091,6	
- N ₂	4225,8	101,42	3042,6	36511,2	
Всего	7176,3	172,23	5166,9	62002,8	100
Расход					
продукт	кг/ч	т/сут	т/мес.	т/год	%масс
SO ₂	1244,6	29,87	896,1	10753,2	17,34
Пиритный огарок, в т.ч.:	1277,9	30,67	920,1	11041,2	17,81
- Fe ₂ O ₃	762,5	18,3	549	6588	
- пирит	15,4	0,37	11,1	133,2	
- песок (глина)	416,7	10,0	300,0	3600,0	
- влага	83,3	2,0	60,0	720,0	
Отработанный воздух, в т.ч.:	4653,75	111,69	3350,7	40208,4	64,85
- O ₂	427,9	10,27	308,1	3697,2	
- N ₂	4226,3	101,42	3042,9	36514,8	
Всего	7176,3	172,23	5166,9	62002,8	100

Реагенты	кг	% масс	Продукты	кг	%масс
Сера	395,2	8,4	Серная кислота:	1200	25,5
Вода	288,98	6,14	H_2SO_4	1116	23,75
			H_2O	84	1,8
Воздух:	4023,12		Выхлопные газы:		
21% O_2	937,43	19,9	SO_2	15,17	0,32
79% N_2	3085,69	65,56	N_2	3085,69	65,68
			SO_3	4,65	0,098
			O_2	372,1	7,92
			S	19,76	0,42
			Невязка	9,9	0,21
Всего	4707,3	100	Всего	4697,4	100

ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ СХЕМА ПРОИЗВОДСТВА

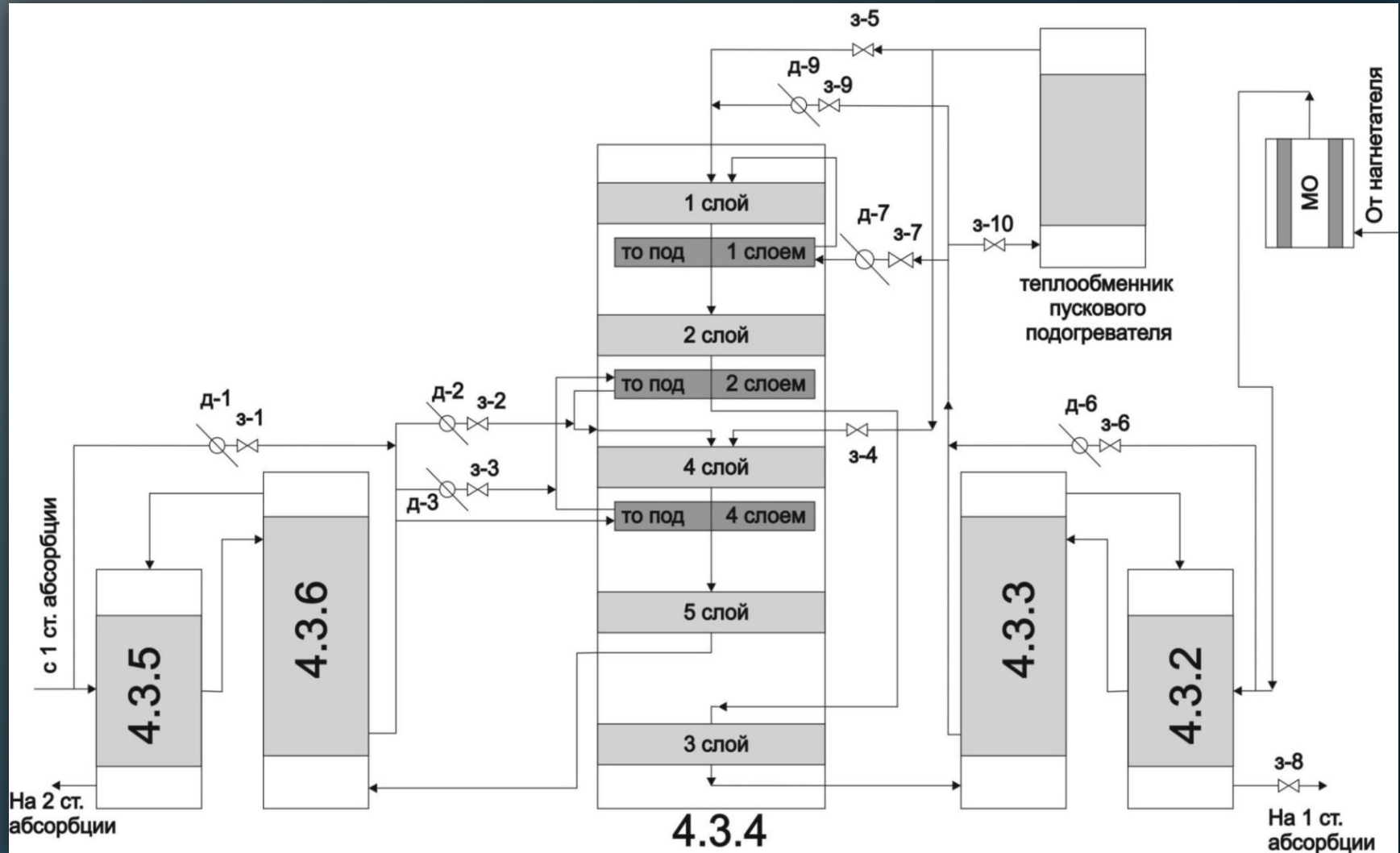


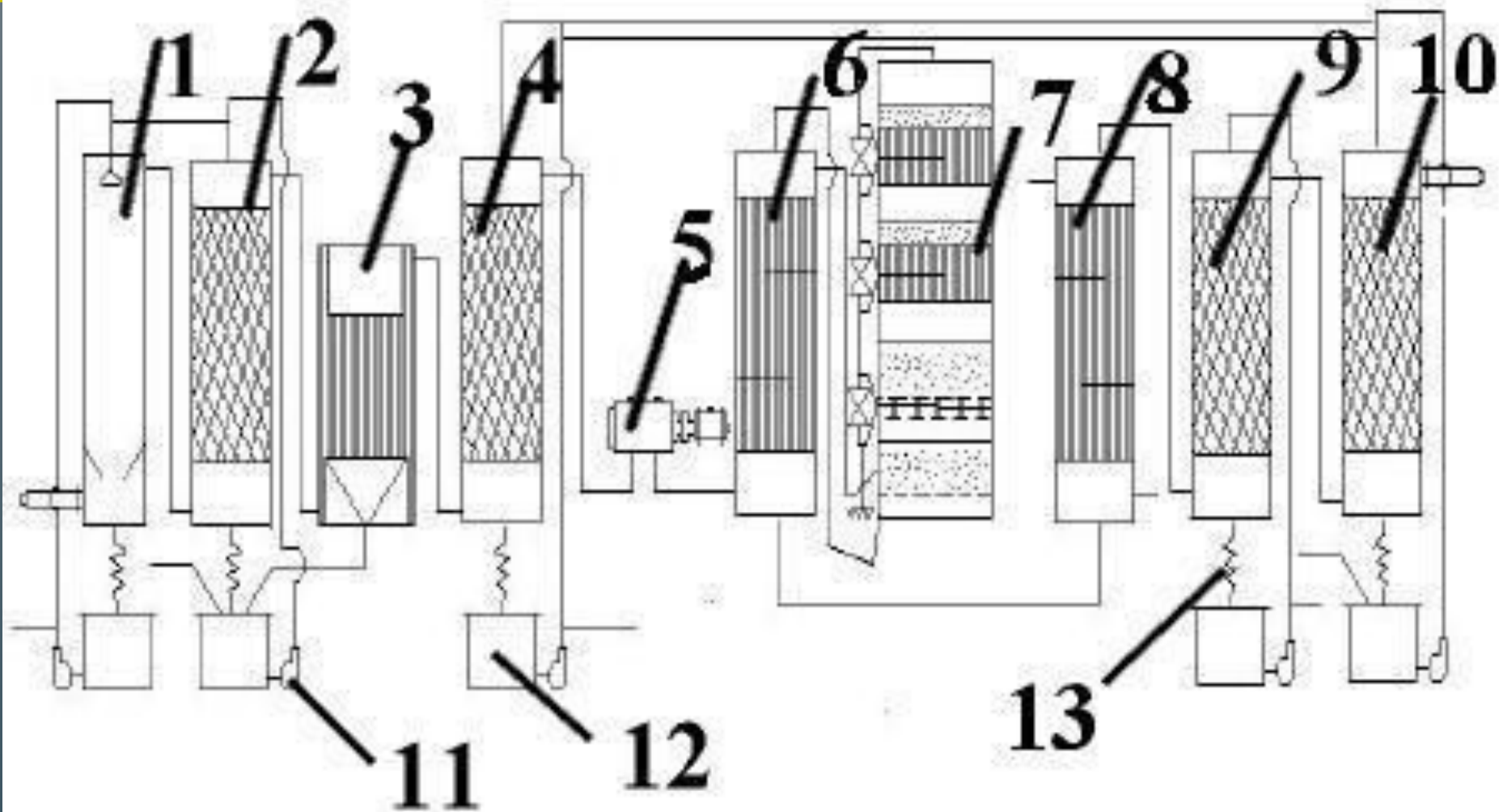
- Технологическая схема производства серной кислоты включает следующие аппараты: печь для обжига пирита, циклон, электрофильтр, сушильная башня, теплообменник, контактный аппарат, поглотительная башня.



1 – печь для обжига в «кипящем слое»; 2 – циклон; 3 – электрофильтр; 4 – сушильная башня; 5 – теплообменник; 6 – подогретый газ; 7 – контактный аппарат; 8 – поглотительная башня

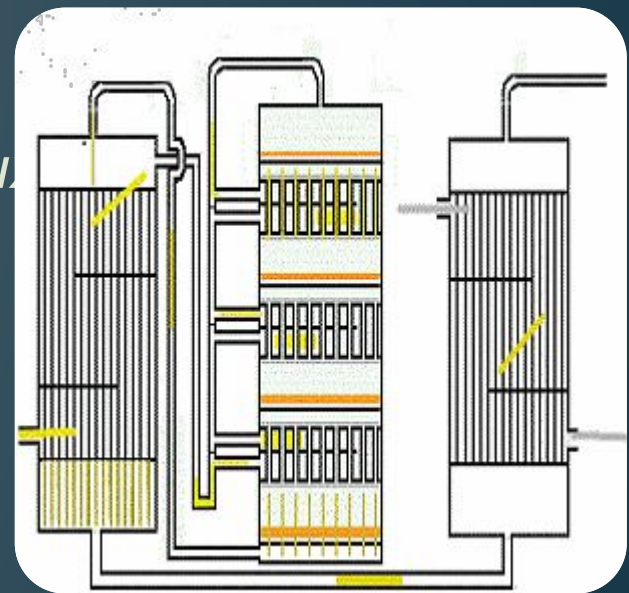
Аппаратурная схема контактного аппарата





1 - 1-я промывная башня; 2 - 2-я промывная башня с насадкой; 3 - мокрый электрофильтр; 4 - сушильная башня с насадкой; 5 - турбокомпрессор; 6 - трубчатый теплообменник; 7 - контактный аппарат; 8 - трубчатый холодильник газа; 9 и 10 - абсорбционные башни с насадкой; 11 - центробежные насосы; 12 - сборники кислоты; 13 - холодильники кислоты

- *Полочный контактный аппарат*
- *- один из наиболее распространенных*
- *типов контактных аппаратов.*
- *Принцип их действия: подогрев и*
- *охлаждение газа между слоями*
- *катализатора, лежащими на полках,*
- *производится в самом контактном*
- *аппарате с использованием различных*
- *теплоносителей или способов охлаждения.*
- *В аппаратах такого типа высота каждого нижележащего*
- *слоя катализатора выше, чем расположенного над ним, т.е.*
- *увеличивается по ходу газа, а высота теплообменников*
- *уменьшается, так как по мере возрастания общей степени*
- *превращения скорость реакции снижается и*
- *соответственно уменьшается количество выделившегося*
- *тепла. В межтрубном пространстве теплообменников*
- *последовательно снизу вверх проходит свежий газ,*
- *охлаждая продукты реакции и нагреваясь до температуры*
- *начала реакции.*





СЫРЬЕВАЯ БАЗА ДЛЯ ПРОИЗВОДСТВА СЕРНОЙ КИСЛОТЫ

- Рассмотрим основные виды сырья для производства серной кислоты:
- 1) Железный колчедан. Природный железный колчедан представляет собой сложную породу, состоящую из сульфида железа FeS_2 , сульфидов других металлов (меди, цинка, свинца, никеля, кобальта и др.), карбонатов металлов и пустой породы. На территории РФ существуют залежи колчедана на Урале и Кавказе, где его добывают в рудниках в виде рядового колчедана;
- 2) Сера. Элементарная сера может быть получена из серных руд или из газов, содержащих сероводород или оксид серы (IV). В соответствии с этим различают серу самородную и серу газовую (комовую). На территории РФ залежей самородной серы практически нет. Источниками газовой серы являются Астраханское газоконденсатное месторождение, Оренбургское и Самарское месторождения попутного газа.
- Из самородных руд серу выплавляют в печах, автоклавах или непосредственно в подземных залежах (метод Фраша). В последнем случае серу расплавляют под землей, нагнетая в скважину перегретую воду, и выдавливают расплавленную серу на поверхность сжатым воздухом.
- Получение газовой серы из сероводорода, извлекаемого при очистке горючих и технологических газов, основано на неполном окислении его над твердым катализатором. При этом протекают реакции:
 - $\text{H}_2\text{S} + 1,5\text{O}_2 \rightarrow \text{SO}_2 + \text{H}_2\text{O}$
 - $\text{H}_2\text{S} + \text{SO}_2 \rightarrow 2\text{H}_2\text{O} + 1,5\text{S}_2$
 - $2\text{H}_2\text{S} + \text{O}_2 \rightarrow 2\text{H}_2\text{O} + \text{S}_2$
- 3) Сероводород. Источником сероводорода служат различные горючие газы: коксовый, генераторный, попутный, газы нефтепереработки. Извлекаемый при их очистке сероводород достаточно чист, содержит до 90 % основного вещества и не нуждается в специальной подготовке;
- 4) Газы цветной металлургии. В этих газах содержится от 4 до 10 % оксида серы (IV) и они

ХРАНЕНИЕ И ПЕРЕВОЗКА СЕРНОЙ КИСЛОТЫ

- Перевозится по железной дороге в цистернах грузоподъемностью в 50 тонн без нижнего сливного отверстия.
- Небольшими партиями перевозят в стеклянных бутылках(объемом 30 л.), автоцистернах, контейнерами, стальными бочками вместимостью 100-250 л.
- Их снабжают ярлыком с характеристикой и обозначением количества залитой серной кислоты.
- Стеклянные бутылки перед отправкой помещают в корзины.
- Промежутки между бутылкой и стенками корзины заполняют соломой или древесной стружкой.
- На каждую отправляемую цистерну составляется паспорт, где указывается сорт, основные данные

адреса, дата отгрузки и выгрузки, количество



П679211

[20]

СЕРНАЯ КИСЛОТА
от ЭЛЕКТРОСТАНЦИЯ ЮМ Ж. П.

С СЕРИИ НЕ ОБИЖАТЬ



СЕРНАЯ
КИСЛОТА Х

СЕРВИСНЫЙ
НАД ПРИБОРОМ

АРЕНДОВАН
НА ПЕРИОД
ИЗМЕНА СДЕЛКИ

АВТОКОМ

П679211

[20]

СС

ПУНКТЫ СОВЕРШЕНСТВОВАНИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА

- Повышение единичной мощности установок. Увеличение мощности в два-три раза снижает себестоимость продукции на 25-30%.
- Повышение давления в процессе, что способствует увеличению интенсивности работы основной аппаратуры.
- Интенсификация процесса обжига сырья путем использования кислорода или воздуха, обогащенного кислородом. Это уменьшает объем газа, проходящего через аппаратуру и повышает ее производительность.
- Использование тепловых эффектов химических реакций на всех стадиях производства, в том числе, для выработки энергетического пара.

КАЧЕСТВО СЕРНОЙ КИСЛОТЫ

- На улучшение качества серной кислоты могут повлиять:
- Применение новых катализаторов повышенной активности и с низкой температурой зажигания.
- Повышение концентрации оксида серы (IV) в печном газе, подаваемом на контактирование.
- Внедрение реакторов кипящего слоя на стадиях обжига сырья и контактирования.

Важнейшие тенденции развития производства серной кислоты контактным способом:

- 1) интенсификация процессов проведением их во взвешенном слое, применением кислорода, производством и переработкой концентрированного газа, применением активных катализаторов;
- 2) упрощение способов очистки газа от пыли и контактных ядов (более короткая технологическая схема);
- 3) увеличение мощности аппаратуры;
- 4) комплексная автоматизация производства;
- 5) снижение расходных коэффициентов по сырью и использование в качестве сырья серосодержащих отходов различных производств;
- 6) обезвреживание отходящих газов.

СТАНДАРТЫ СЕРНОЙ КИСЛОТЫ

- Кислота серная техническая ГОСТ 2184—77
- Кислота серная аккумуляторная. Технические условия ГОСТ 667—73
- Кислота серная особой чистоты. Технические условия ГОСТ 14262—78
- Реактивы. Кислота серная. Технические условия ГОСТ 4204—77



ФАКТЫ

- На 1 т P_2O_5 фосфорных удобрений расходуется 2,2-3,4 т серной кислоты, а на 1 т $(NH_4)_2SO_4$ — 0,75 т серной кислоты.

Серная кислота встречается и в естественном виде в природе. Например, серная кислота найдена в некоторых водах вулканического происхождения, существуют целые озера, наполненные серной кислотой.

Венерианские облака состоят из капель серной кислоты, как это показал 1 марта 1982 года советский аппарат

"Венера-13", опущенный на поверхность Венеры



ТОКСИЧЕСКОЕ ДЕЙСТВИЕ

- Серная кислота и олеум — очень едкие вещества. Они поражают кожу, слизистые оболочки, дыхательные пути (вызывают химические ожоги). При вдыхании паров этих веществ они вызывают затруднение дыхания, кашель, нередко — ларингит, трахеит, бронхит и т. д. ПДК аэрозоля серной кислоты в воздухе рабочей зоны $1,0 \text{ мг/м}^3$, в атмосферном воздухе $0,3 \text{ мг/м}^3$ (максимальная разовая) и $0,1 \text{ мг/м}^3$ (среднесуточная). Поражающая концентрация паров серной кислоты $0,008 \text{ мг/л}$ (экспозиция 60 мин), смертельная $0,18 \text{ мг/л}$ (60 мин). Класс опасности II. Аэрозоль серной кислоты может образовываться в атмосфере в результате выбросов химических и металлургических

производств, содержащих окислы S и продукты в

ТЕХНИКА БЕЗОПАСНОСТИ

- Основными пунктами техники безопасности при производстве серной кислоты служат:
- 1) соблюдение техники противопожарной безопасности (должны быть оборудованы специальные комнаты для курения и смонтирована пожарная сигнализация);
- 2) рабочие цехов должны быть обеспечены спецодеждой и респираторами;
- 3) обеспечение рабочих аптечками первой медицинской доврачебной помощи;
- 4) обязательное медицинское освидетельствование перед началом работы каждого рабочего;
- 5) проведение профилактических мероприятий (за счет противопожарных и страховых фондов).

ПРИМЕНЕНИЕ СЕРНОЙ КИСЛОТЫ

- в производстве минеральных удобрений(суперфосфата, аммофоса, сульфата аммония);
- производстве красителей, лаков, красок, лекарственных веществ, некоторых пластических масс, химических волокон, многих ядохимикатов, взрывчатых веществ, спиртов и т. п.;
- как электролит в свинцовых аккумуляторах;
- для получения различных минеральных кислот и солей;
- в производстве химических волокон, красителей, дымообразующих веществ и взрывчатых веществ;
- в нефтяной, металлообрабатывающей, текстильной, кожевенной и др. отраслях промышленности;в пищевой промышленности — зарегистрирована в качестве пищевой добавки **E513**(эмульгатор);
- в промышленном органическом синтезе в реакциях:
 - дегидратации (получение диэтилового эфира, сложных эфиров);
 - гидратации (этанол из этилена);

- сульфирования (синтетические моющие средства и промежуточные продукты в производстве красителей);
- алкилирования (получение изооктана, полиэтиленгликоля, капролактама) и др. Серная кислота находит разнообразное применение в нефтяной, металлургической, металлообрабатывающей, текстильной, кожевенной и других отраслях промышленности, используется в качестве водоотталкивающего и осушающего средства

- Травление металлов
- Минеральные удобрения
- Сульфат аммония $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$
- Мумия и сурик
- Производство сульфатов Na, K, Fe, Cu, Zn, Al и др
- Производство $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ и $\text{Na}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$
- Взрывчатые вещества
- Производство патоки и глюкозы
- Очистка нефтепродуктов и минеральных масел
- Минеральные пигменты
- Металлургия: Al, Mg, Cu, Hg, Co, Ni, Au и др
- Минеральные кислоты HF, H_3PO_4 , H_3BO_3

