

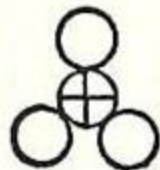
# Проект

## *Производство серной кислоты*



# Исторические сведения

молекула серной  
кислоты по Дальтону:

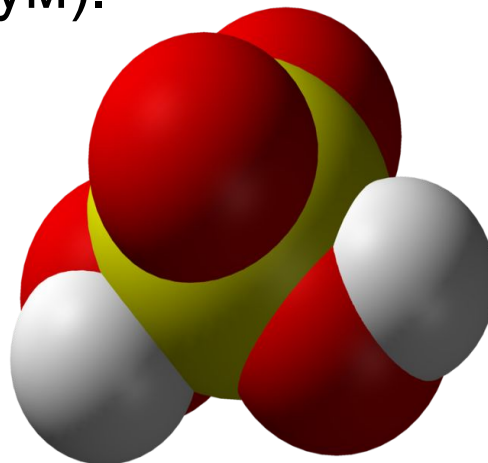
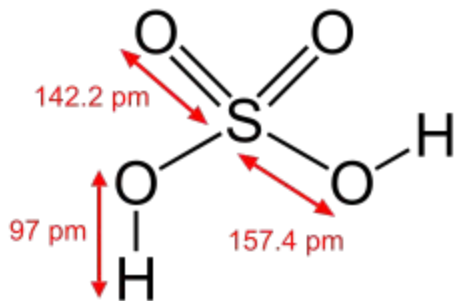


Sulphuric acid

- 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.

# Серная кислота

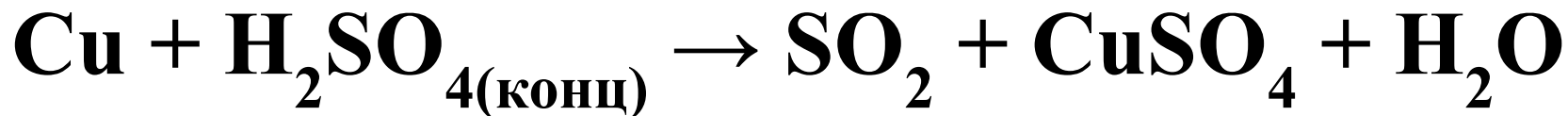
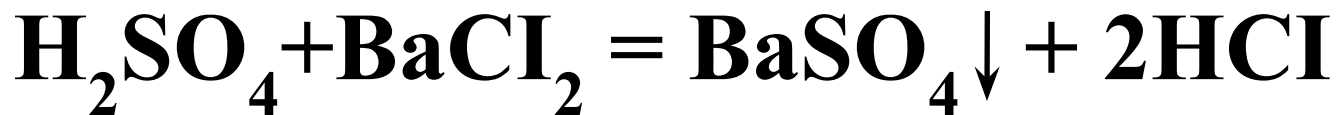
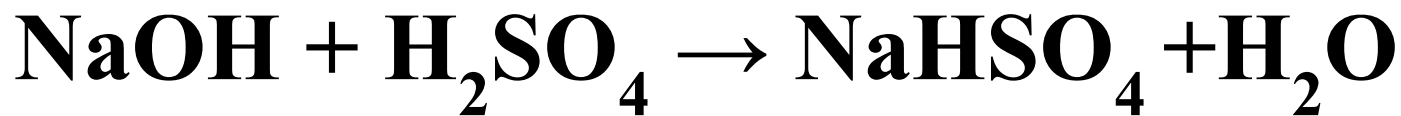
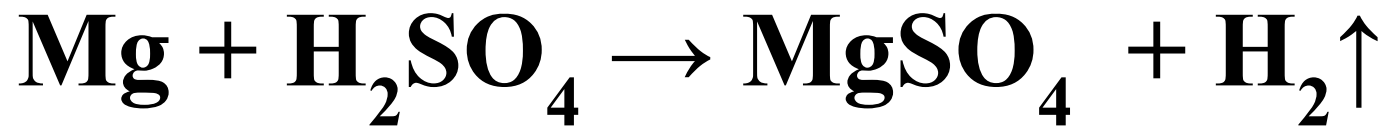
- **Сёрная кислота́**  $\text{H}_2\text{SO}_4$  — сильная двухосновная кислота, отвечающая высшей степени окисления серы (+6). При обычных условиях концентрированная серная кислота — тяжёлая маслянистая жидкость без цвета и запаха. В технике серной кислотой называют её смеси как с водой, так и с серным ангидридом  $\text{SO}_3$ . Если молярное отношение  $\text{SO}_3:\text{H}_2\text{O} < 1$ , то это водный раствор серной кислоты, если  $> 1$ , — раствор  $\text{SO}_3$  в серной кислоте (олеум).



# Свойства водных растворов серной кислоты и олеума

Содержание % по массе		Плотность при 20 °С, г/см <sup>3</sup>	Температура плавления, °С	Температура кипения, °С
H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	SO <sub>3</sub> (свободный)			
10	-	1,0661	-5,5	102,0
20	-	1,1394	-19,0	104,4
40	-	1,3028	-65,2	113,9
60	-	1,4983	-25,8	141,8
80	-	1,7272	-3,0	210,2
98	-	1,8365	0,1	332,4
100	-	1,8305	10,4	296,2
104,5	20	1,8968	-11,0	166,6
109	40	1,9611	33,3	100,6
113,5	60	2,0012	7,1	69,8
118,0	80	1,9947	16,9	55,0
122,5	100	1,9203	16,8	44,7

# Химические свойства



# 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 оксиды S, и выпадать в виде кислотных дождей.



# Серную кислоту применяют:

- в производстве минеральных удобрений;
- 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.



# Стандарты серной кислоты

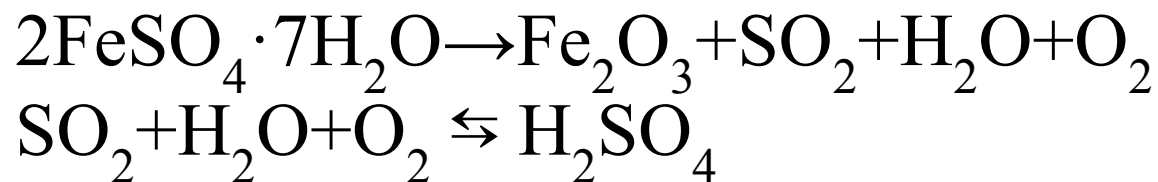
- Кислота серная техническая ГОСТ 2184—77
- Кислота серная аккумуляторная. Технические условия ГОСТ 667—73
- Кислота серная особой чистоты. Технические условия ГОСТ 14262—78
- Реактивы. Кислота серная. Технические условия ГОСТ 4204—77



# Производство серной КИСЛОТЫ

Сырьём для получения серной кислоты служат сера, сульфиды металлов, сероводород, отходящие газы теплоэлектростанций, сульфаты железа, кальция и др.

Получение серной кислоты (т.н. купоросное масло) из железного купороса - термическое разложение сульфата железа (II) с последующим охлаждением смеси

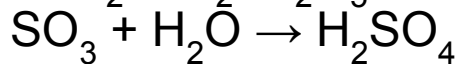
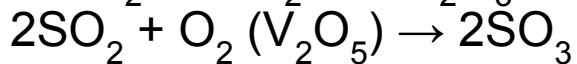
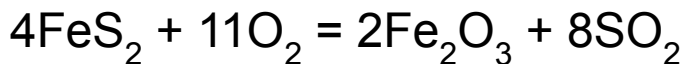


# Основные стадии получения серной кислоты:

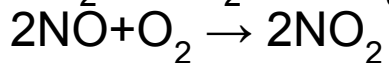
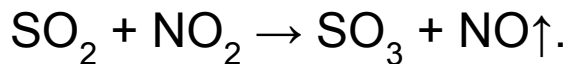
- 1) Обжиг сырья с получением  $\text{SO}_2$
- 2) Окисление  $\text{SO}_2$  в  $\text{SO}_3$
- 3) Абсорбция  $\text{SO}_3$

В промышленности применяют два метода окисления  $\text{SO}_2$  в производстве серной кислоты: контактный — с использованием твердых катализаторов (контактов), и нитрозный — с оксидами азота.

Из минерала пирита на катализаторе — оксиде ванадия (V).

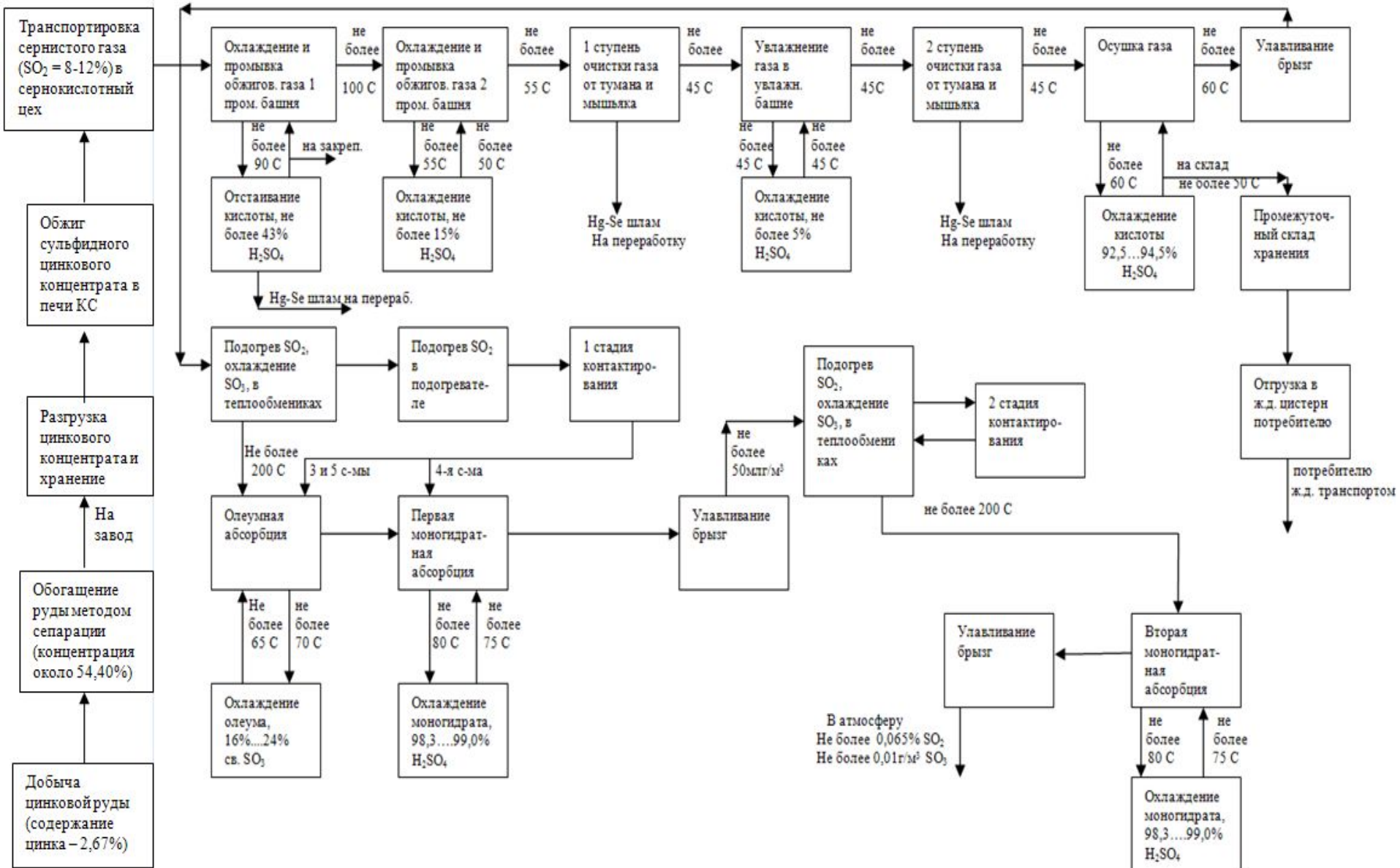


Нитрозный метод получения серной кислоты

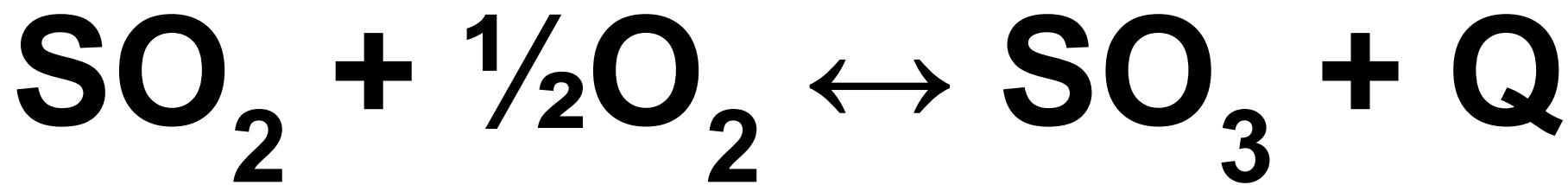


При реакции  $\text{SO}_3$  с водой выделяется огромное количество теплоты и серная кислота начинает закипать с образованием "туманов"  $\text{SO}_3 + \text{H}_2\text{O} = \text{H}_2\text{SO}_4 + Q$   
Поэтому  $\text{SO}_3$  смешивается с  $\text{H}_2\text{SO}_4$ , образуя раствор  $\text{SO}_3$  в 91%  $\text{H}_2\text{SO}_4$  - олеум


# Технологическая схема производства серной кислоты методом двойного контактирования











Ванадиевый  
катализатор ТУ  
48-0323-6-90

Сульфованадат-диатомитовый СВД (КД):

Каталитическая активность, % - не менее  
- при 485<sup>0</sup>С – 83,0;      при 420<sup>0</sup>С - не нормируется  
Содержание V<sub>2</sub>O<sub>5</sub> не менее 6,5 %.

СВНТ (КД):

Каталитическая активность, % - не менее  
- при 485<sup>0</sup>С – 83,0;      при 420<sup>0</sup>С – 35,0  
Содержание V<sub>2</sub>O<sub>5</sub> не менее 6,5 %.

Сульфованадат на силикагеле СВД (К-Д.К):

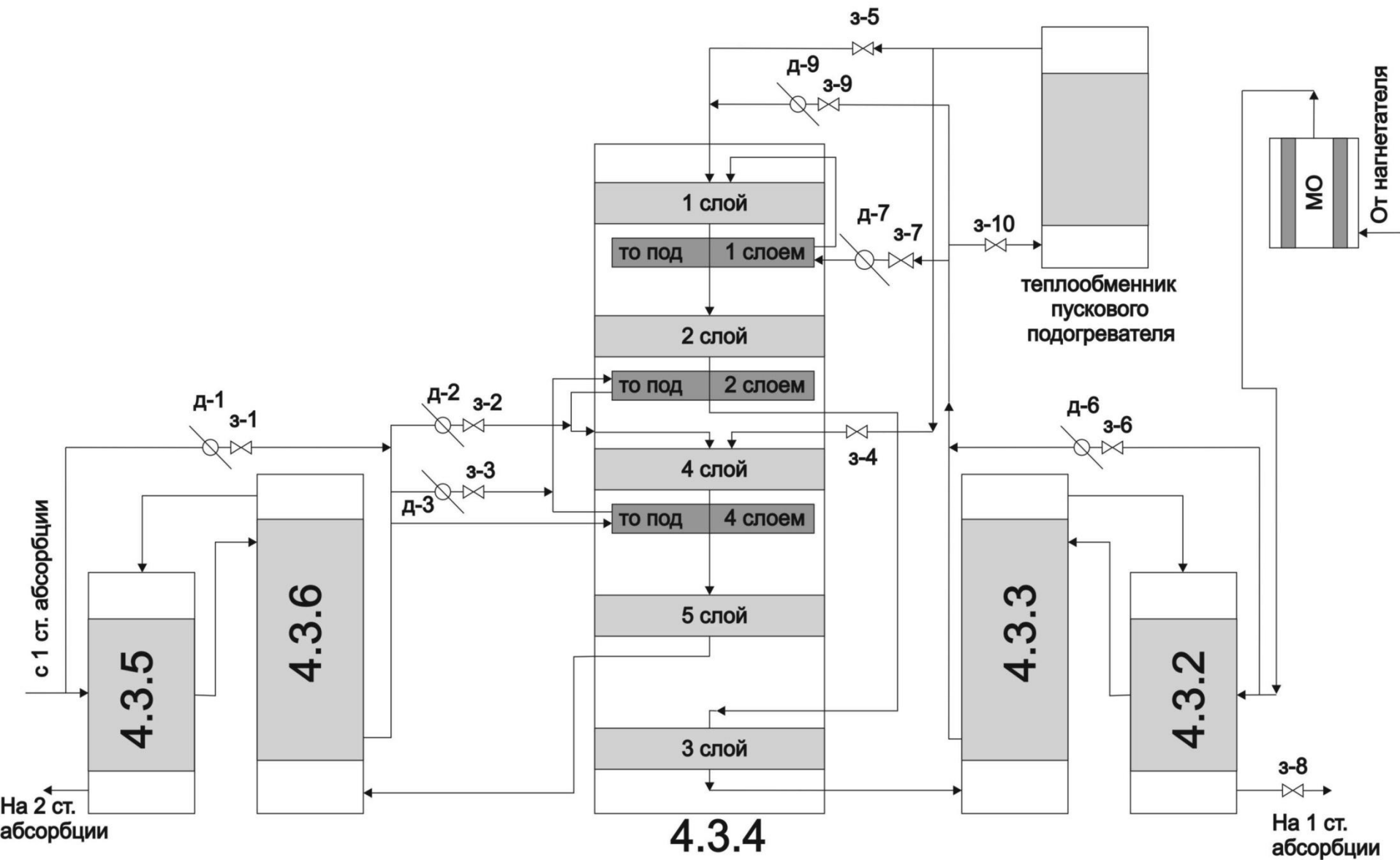
Каталитическая активность, % - не менее  
- при 485<sup>0</sup>С – 85,0;      при 420<sup>0</sup>С – 50,0  
Содержание V<sub>2</sub>O<sub>5</sub> не менее 6,5 %.

# Температурный и манометрический режим работы КА

Слой	Температурный режим (°С)		Манометрический режим (КПа)		X <sub>к</sub> , %
	ВХОД	ВЫХОД	ВХОД	ВЫХОД	
1	410-430	590-610	26,3-26,8	23,3-23,8	65,0
2	470-490	520-540	22,3-22,8	20,8-21,3	84,6
3	440-450	465-475	19,6-19,9	18,6-18,9	93,0
4	428-430	440-450	8,3-8,8	7,3-7,8	94,0
5	420-430	421-431	6,5-7,0	5,5-6,0	98,0



# Аппаратурная схема контактного аппарата



# Материальный баланс

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

# Заключение

В производстве  $\text{H}_2\text{SO}_4$  соблюдены основные направления развития химической промышленности:

- Технология малоотходная – переход сырья в целевой продукт достигает 99%.
- Энергосберегающее, так как процесс обеспечивает сам свое энергосбережение.

Эта химическая технология обладает рядом функций:

- Рациональное использование сырья и энергии.
- Масштабность и дешевизна.

Поскольку процесс непрерывен, он обладает рядом достоинств:

- Большое количество продукта с 1 объема аппарата – высокая интенсивность процесса.
- Исключение потерь тепла из-за термодинамичности – нагрев – охлаждение.
- Легкость автоматизации.

Также процесс учитывает основные принципы химической технологии:

- Наибольшая интенсивность процесса;
- Наилучшее использование сырья;
- Наибольшее использование энергии.

# Спасибо за внимание

