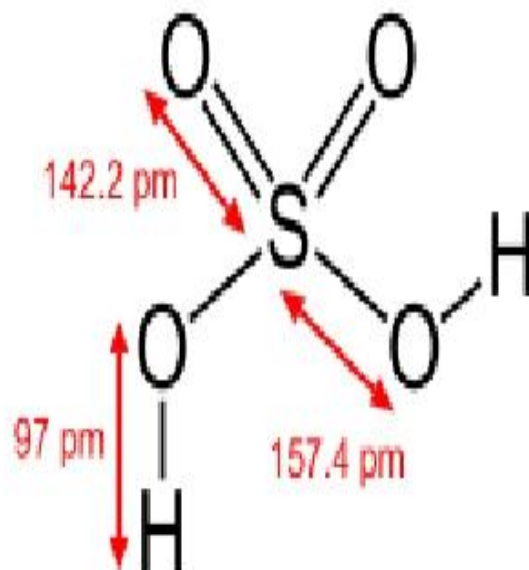


Технология серной кислоты

Свойства и области применения серной кислоты

Структурная формула H_2SO_4



Физические свойства

Серная кислота (H_2SO_4) самая дешевая из кислот, она не дымит, не имеет запаха. Безводная серная кислота (моногидрат) — тяжелая маслянистая жидкость (плотность при 20°C 1830 кг/м^3 ; температура кипения $296,2^\circ\text{C}$ при атмосферном давлении; температура кристаллизации $10,45^\circ\text{C}$, температура кипения 304°C . В концентрированном состоянии она не способна разрушать черные металлы, что удобно для её использования и транспортировки.

В технике под серной кислотой подразумеваются любые смеси триоксида серы с водой:

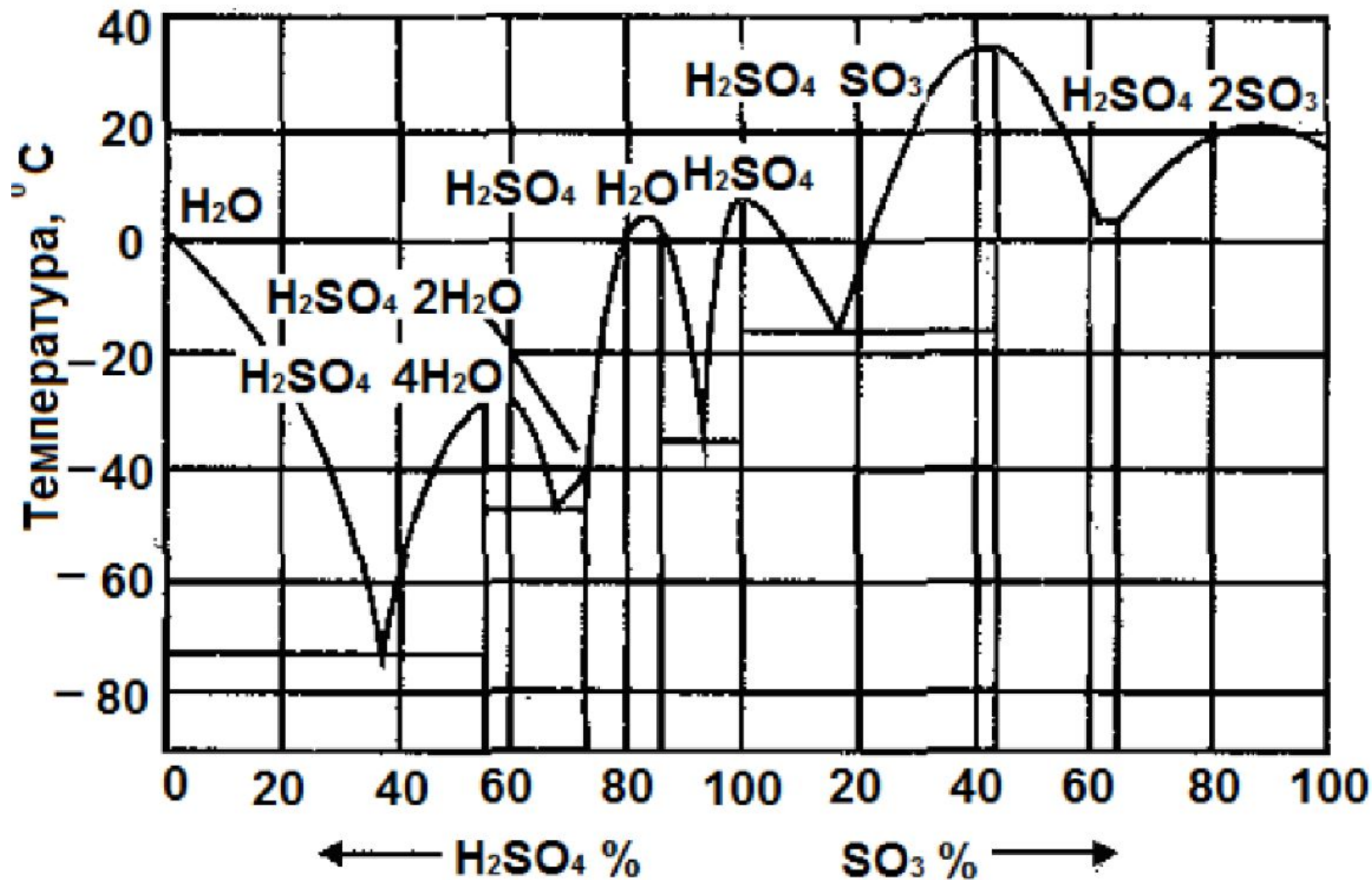


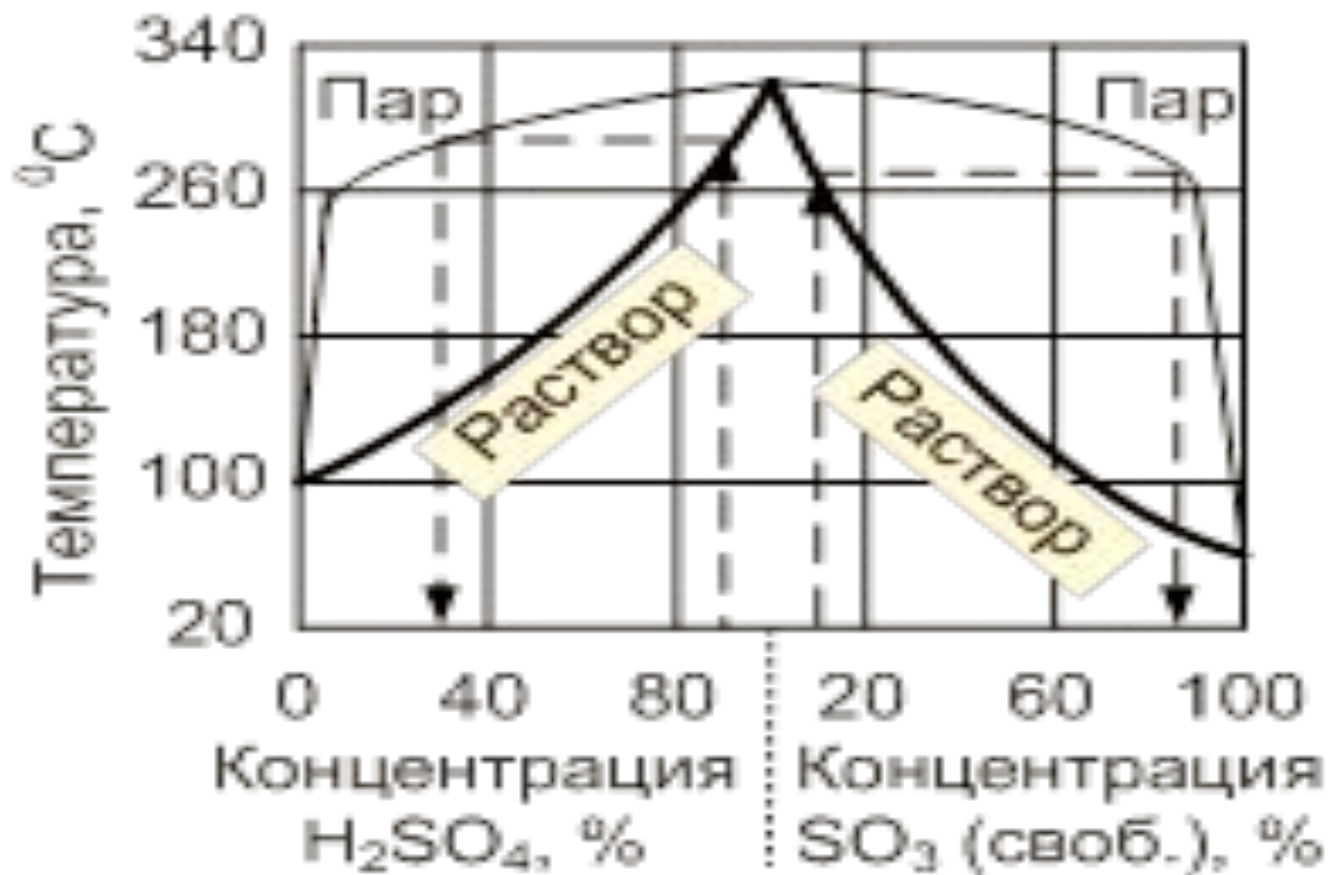
При $m = n = 1$ получается моногидрат, или 100%-я H_2SO_4 (плотность 1850 т/м^3 или $1,85 \text{ г/см}^3$ или 1850 кг/дм^3).

Если $m < n$, образуется разбавленная серная кислота.

Если $m > n$, – олеум.

Диаграмма кристаллизации системы $\text{H}_2\text{O} - \text{SO}_3$





Температура кипения серной кислоты и олеума при атмосферном давлении

Химические свойства

1. В водном растворе серная кислота диссоциирует

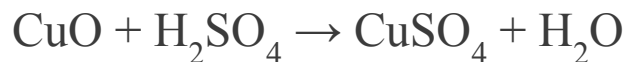


2. Взаимодействие серной кислоты с металлами

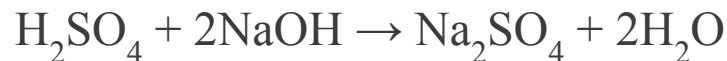
Разбавленная серная кислота растворяет только металлы, стоящие в ряду напряжений левее водорода:



3. Взаимодействие серной кислоты с основными оксидами:



4. Взаимодействие серной кислоты с гидроксидами:



5. Обменные реакции с солями:

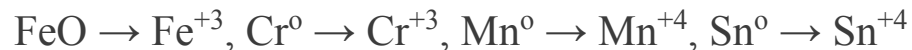


Концентрированная серная кислота является сильным окислителем

при взаимодействии с металлами (кроме Au, Pt) она восстанавливается до $S^{+4}O_2$, S^0 или H_2S^{-2} в зависимости от активности металла;

без нагревания не реагирует с Fe, Al, Cr, т.е происходит пассивация металлов;

при взаимодействии с металлами, обладающими переменной валентностью, последние окисляются до более высоких степеней окисления, чем в случае с разбавленным раствором кислоты:



1. При повышенных температурах пары серной кислоты диссоциируют по реакции



а выше 400 °С диссоциация почти полная.

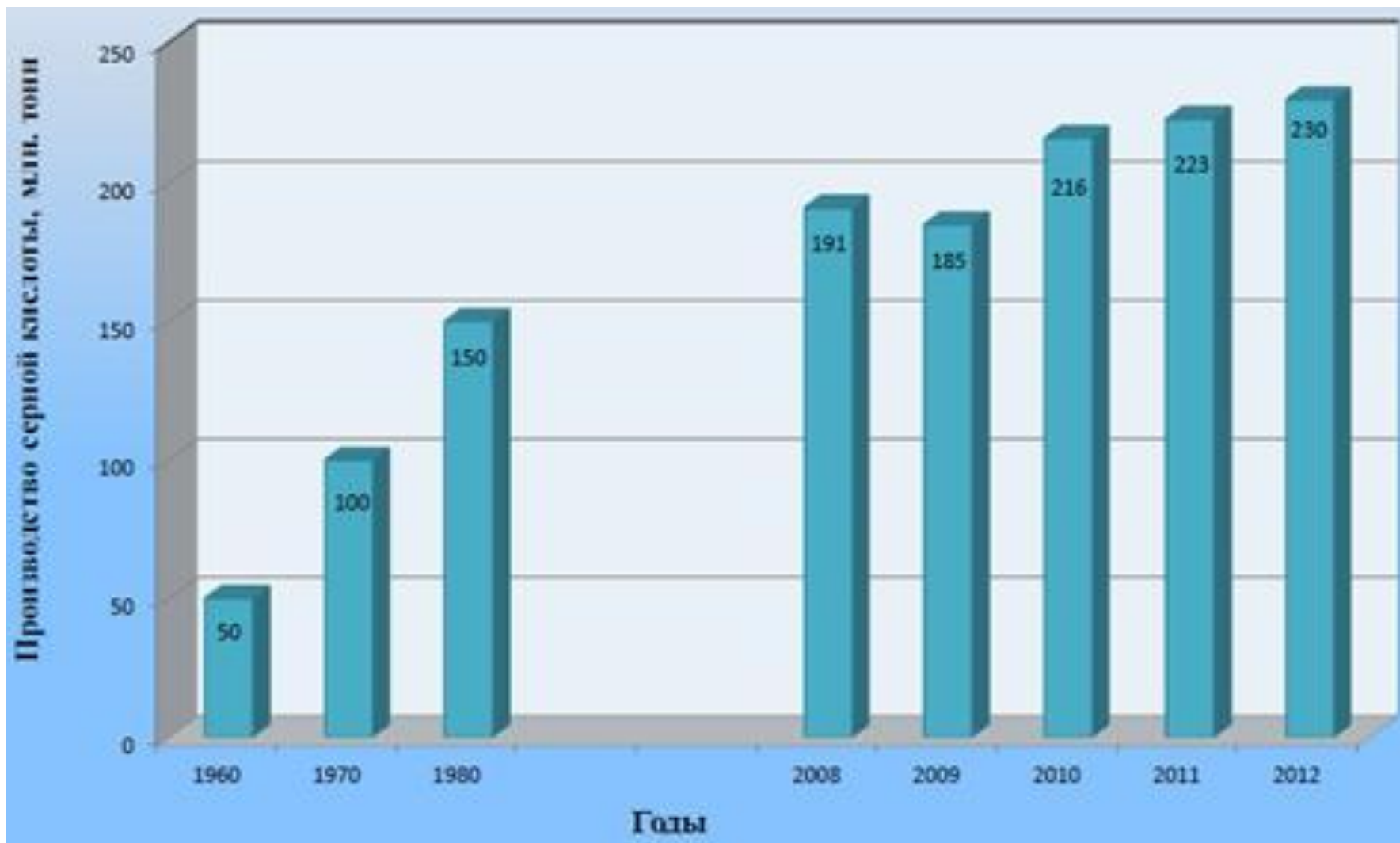
При дальнейшем нагревании триоксид серы разлагается по реакции



а при температуре выше 1000 °С – почти полностью, что используется для получения серной кислоты из отработанной.



Области использования серной кислоты



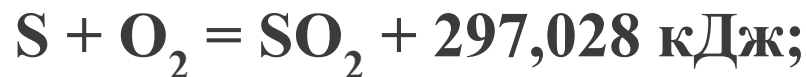
Динамика мирового производства серной кислоты (млн. тонн)

3 основных стадии производства серной

КИСЛОТЫ:

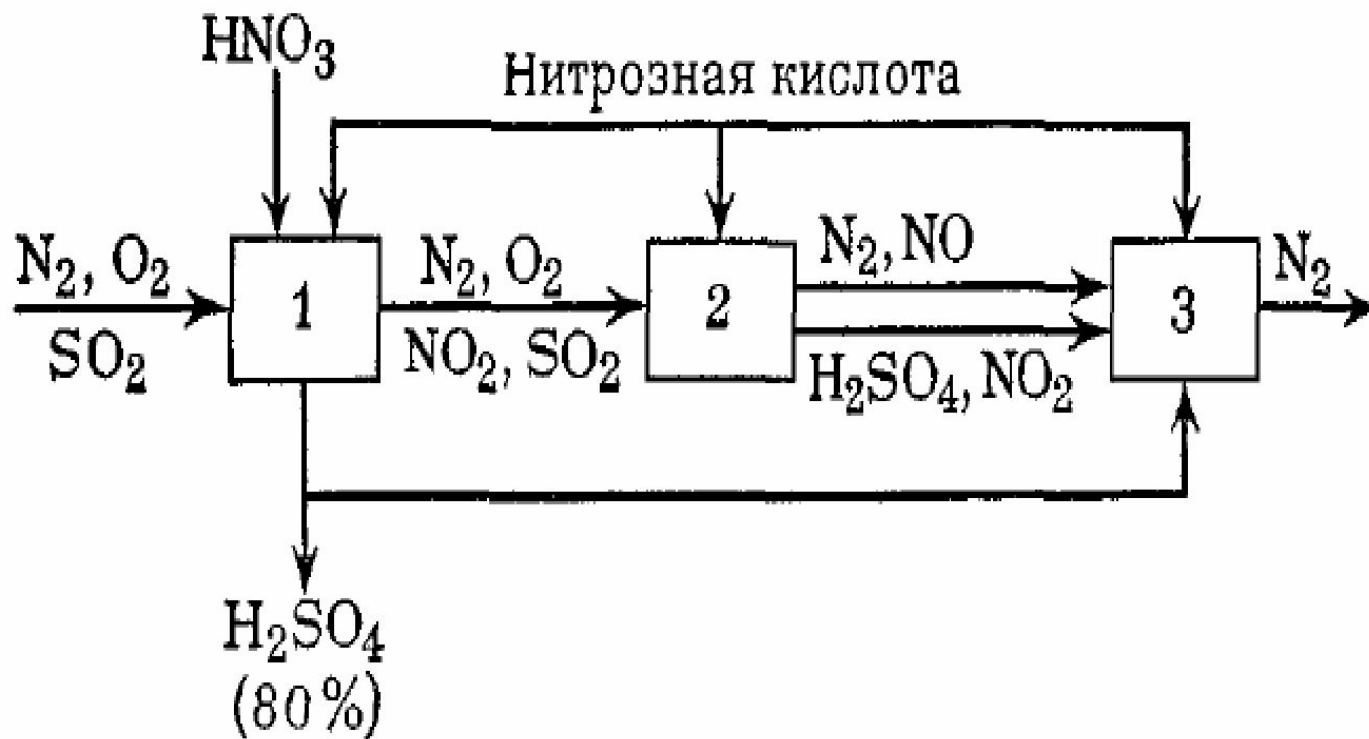
получение диоксида серы SO_2 ;

окисление SO_2 кислородом в триоксид SO_3 :

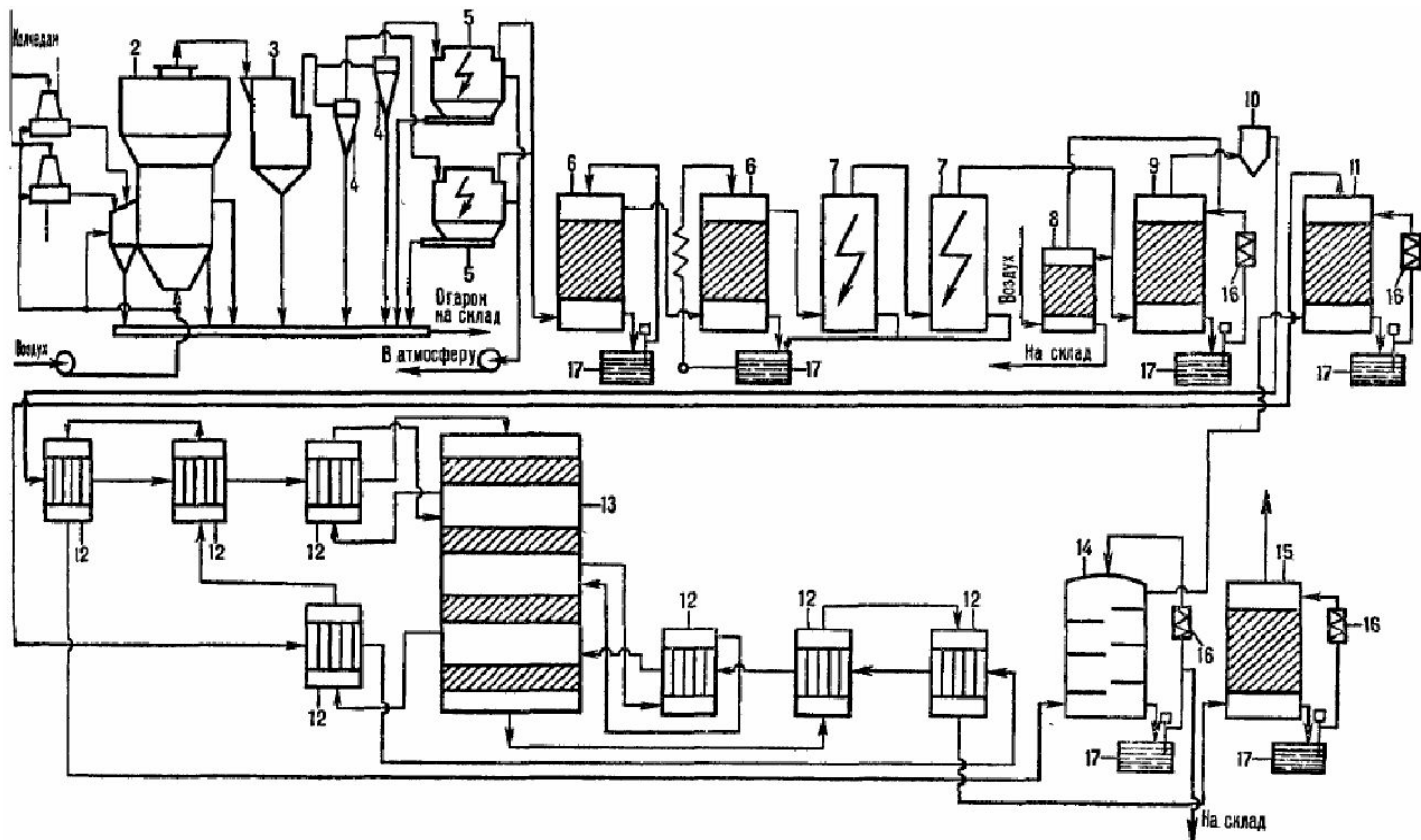


абсорбция SO_3 , приводящая к образованию H_2SO_4 :



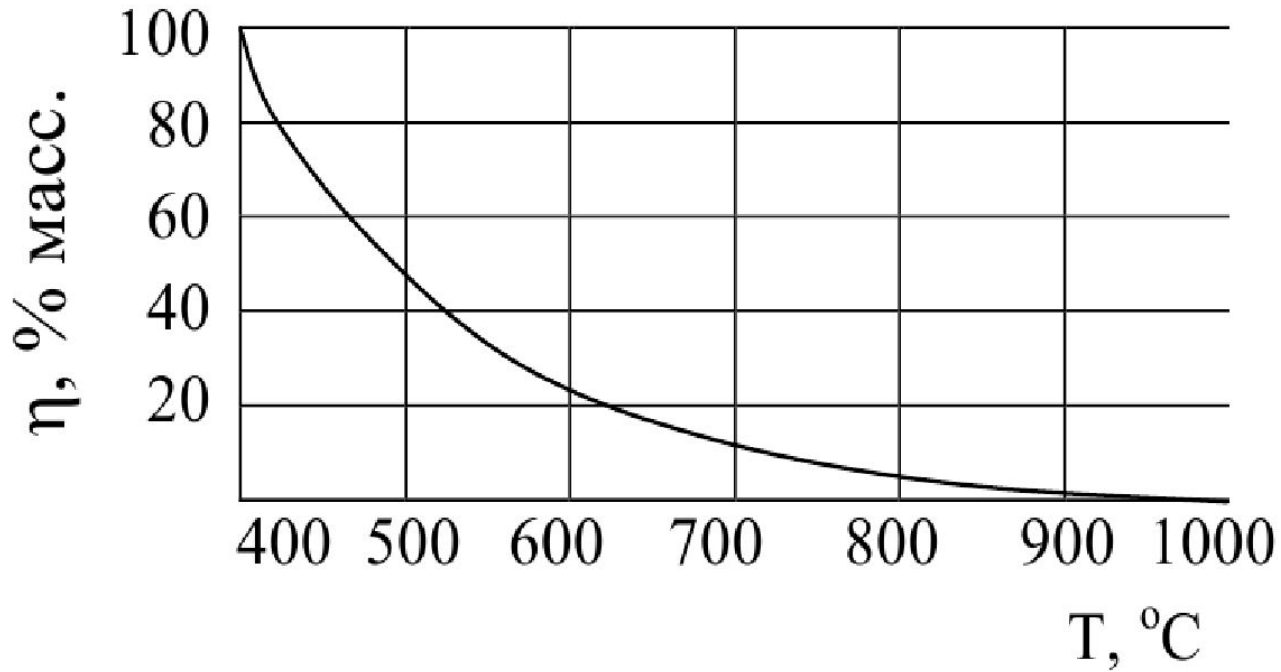


**Схема нитрозного метода получения серной
КИСЛОТЫ**



Технологическая схема производства серной кислоты из пирита

- 1 тарелочный питатель 2 печь 3 котел-утилизатор 4 циклоны 5 электрофилтры 6 промывные башни 7 мокрые электрофилтры 8 отдувочная башня 9 сушильная башня 10 брызгоуловитель 11 первый моногидратный абсорбер 12 теплообменники 13 контактный аппарат 14 олеумный абсорбер 15 второй моногидратный абсорбер 16 холодильники 17 сборники



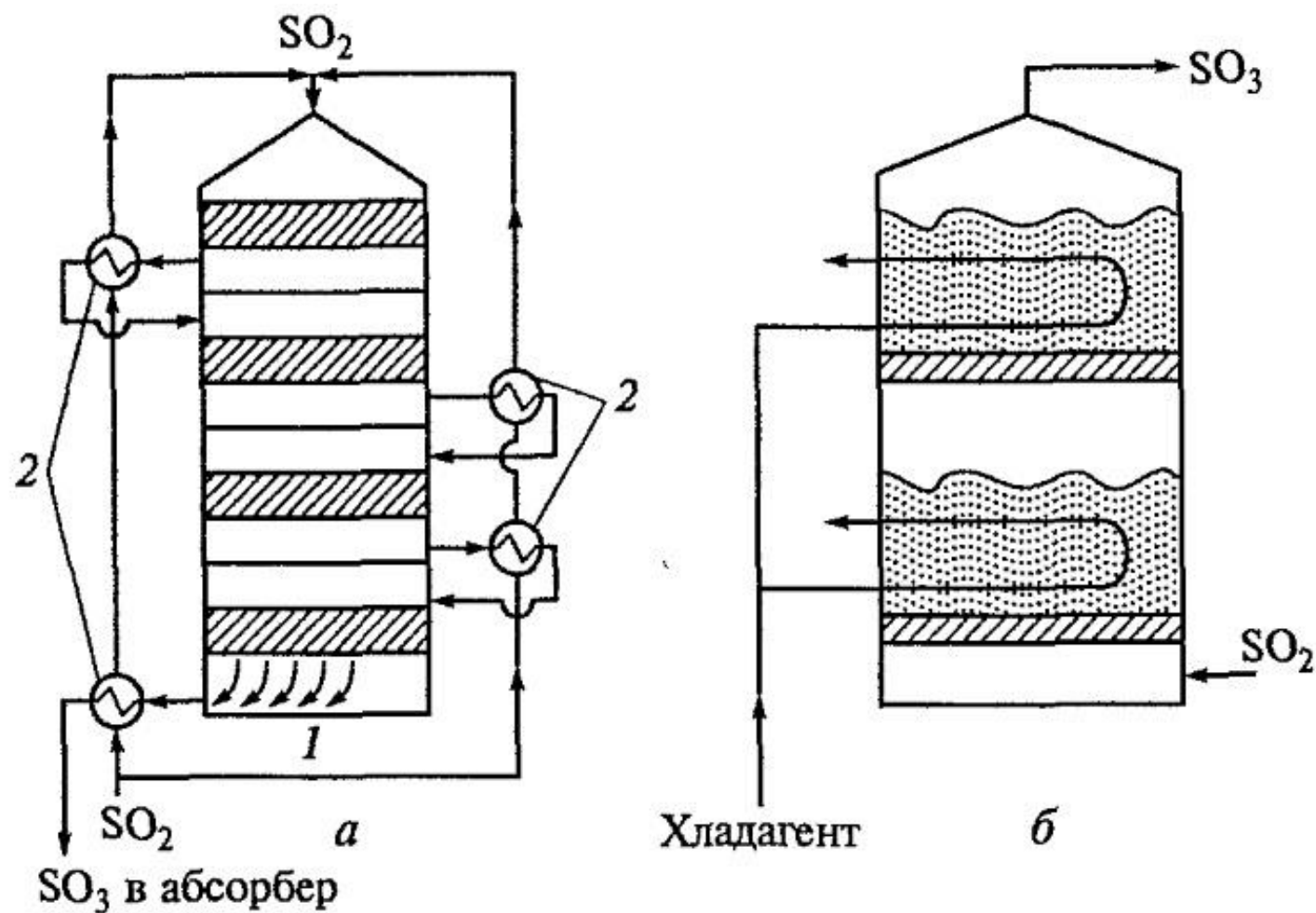
Зависимость выхода SO₃ от температуры контактирования

Влияние температуры и давления на конверсию SO₂

Температура, °C	Степень окисления SO ₂ в SO ₃ в % при давлении в ат					
	1	5	10	25	50	100
400	99,2	99,64	99,72	99,87	99,88	99,92
450	97,5	98,9	99,2	99,5	99,6	99,7
500	93,5	96,9	97,8	98,6	99	99,3
550	85,6	92,9	94,9	96,7	97,7	98,3
600	73,7	85,8	89,5	93,3	95	96,4

**Процесс катализа состоит из нескольких последовательно
стадий:**

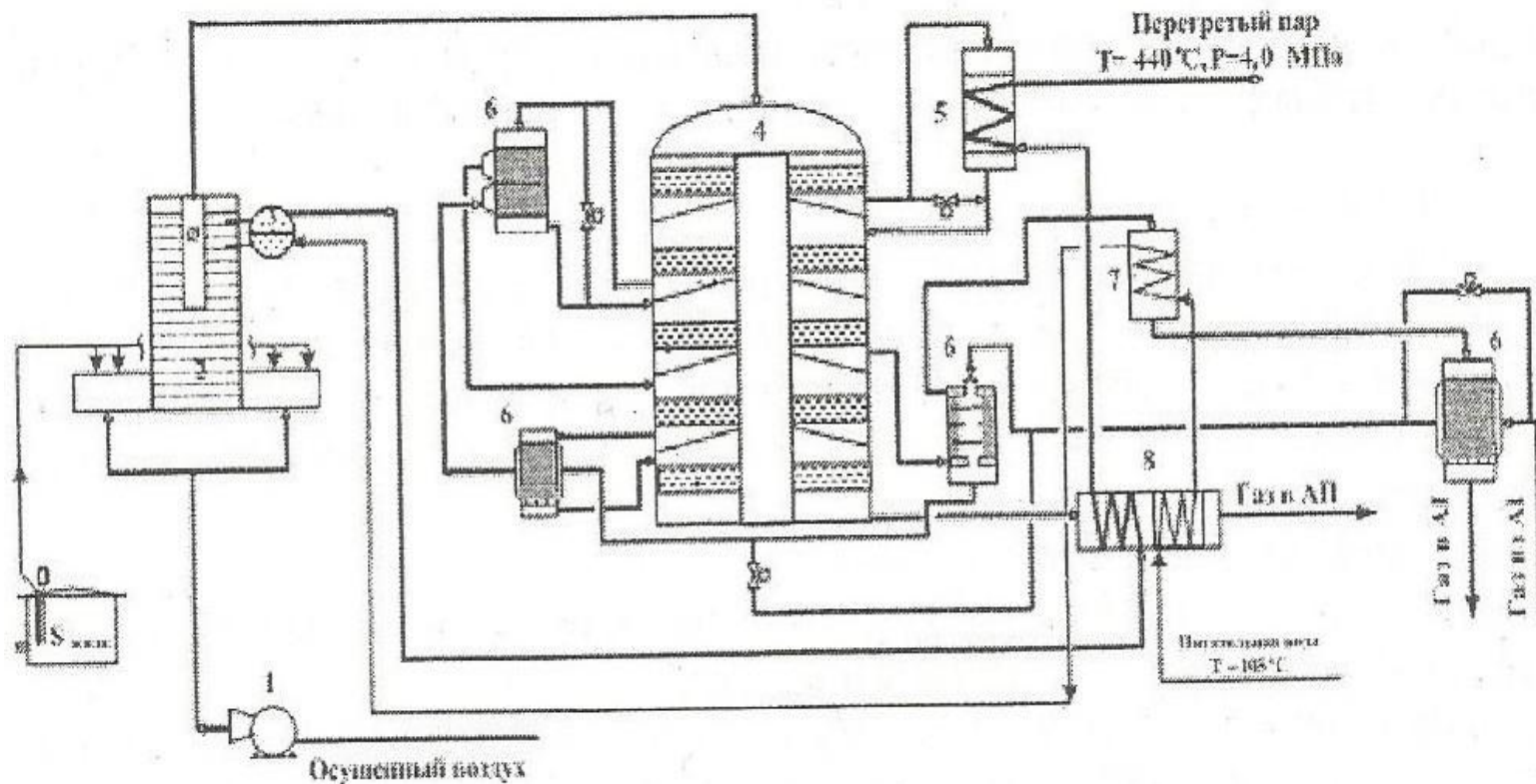
1. перенос молекул кислорода и диоксида серы к катализатору
2. диффузия реагирующих веществ внутри пор катализатора
3. хемосорбция молекул реагентов на поверхности катализатора
4. химическое взаимодействие кислорода и диоксида серы на поверхности катализатора с переносом электронов от молекул оксида серы к молекулам кислорода и образованием неустойчивых комплексов
5. десорбция образовавшихся молекул SO_3 и диффузия их из пор и с поверхности катализатора в газовую фазу



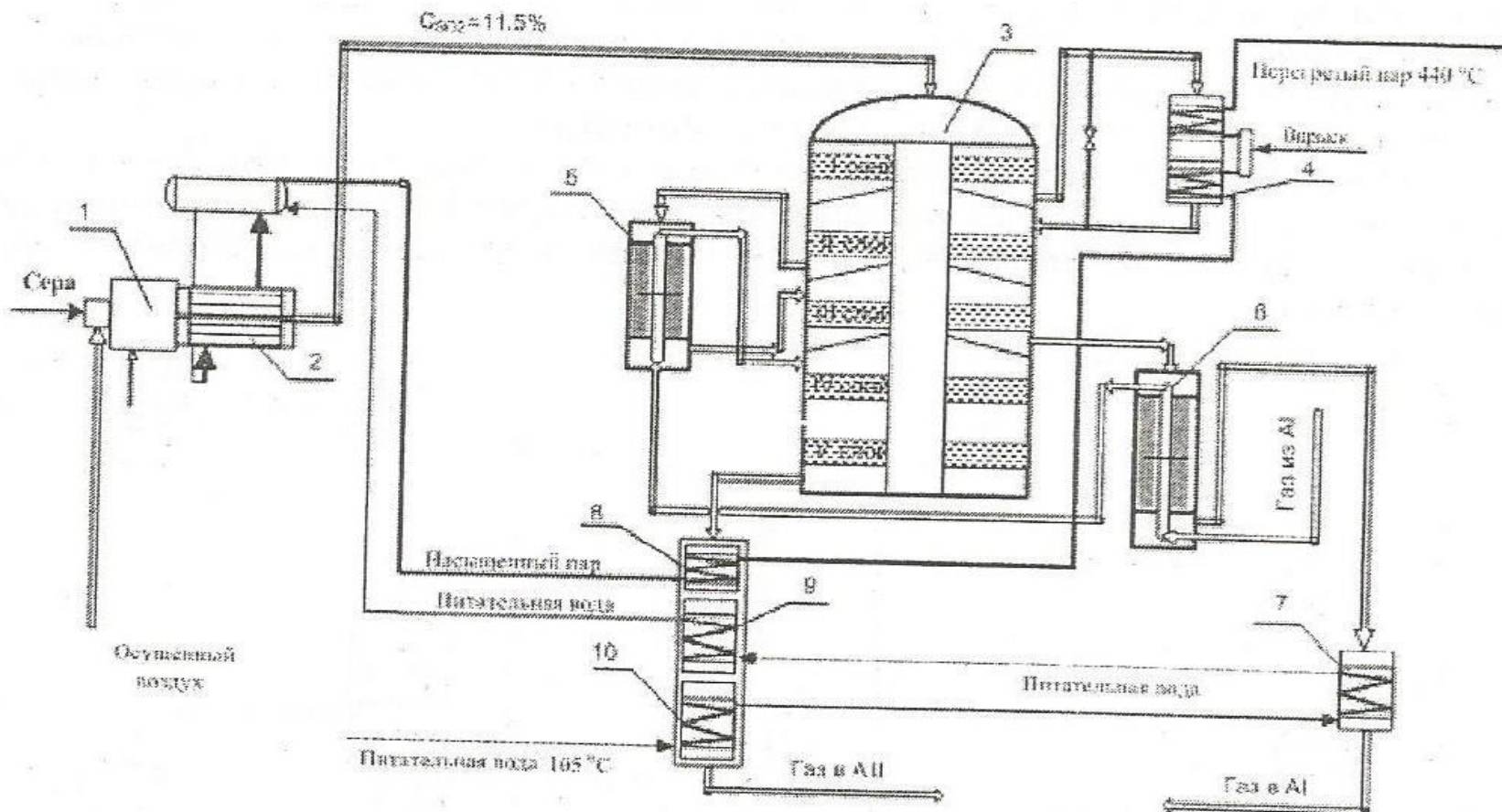
Контактный узел (а) и контактный аппарат кипящего слоя (б):

1 — контактный аппарат; 2 — теплообменник

Контактное отделение



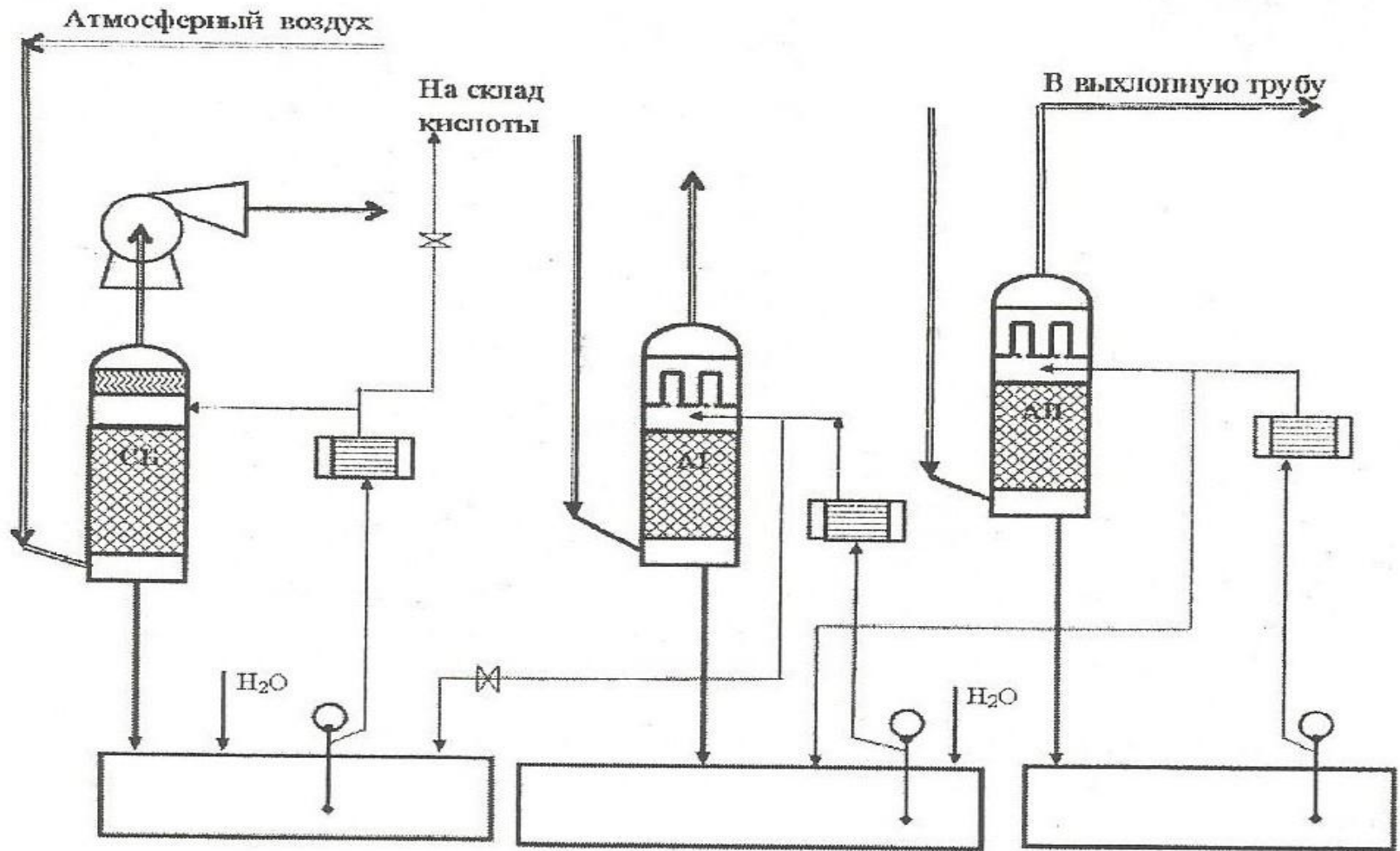
Принципиальная технологическая схема контактного отделения: 1 – воздуходувка, 2 – котел-утилизатор, 3 – барабан-сепаратор, 4 – контактный аппарат с 4 или 5 слоями катализатора, 5 – пароперегреватель второй ступени после первого слоя катализатора, 6 – газовые теплообменники, 7 – экономайзер, 8 – пароперегреватель + экономайзер с одним водяным потоком, 9 – барабан-метаратор.



Принципиальная технологическая схема контактного отделения фирмы «Монсанто»:

1 – топка для сжигания серы, 2 – котел-утилизатор, 3 – контактный аппарат, 4 – пароперегреватель второй ступени, 5, 6 – газовые теплообменники, 7 – экономайзер второй ступени, 8 – пароперегреватель первой ступени, 9 – экономайзер третьей ступени, 10 – экономайзер первой ступени.

Сушильно-абсорбционное отделение



Принципиальная технологическая схема САО.

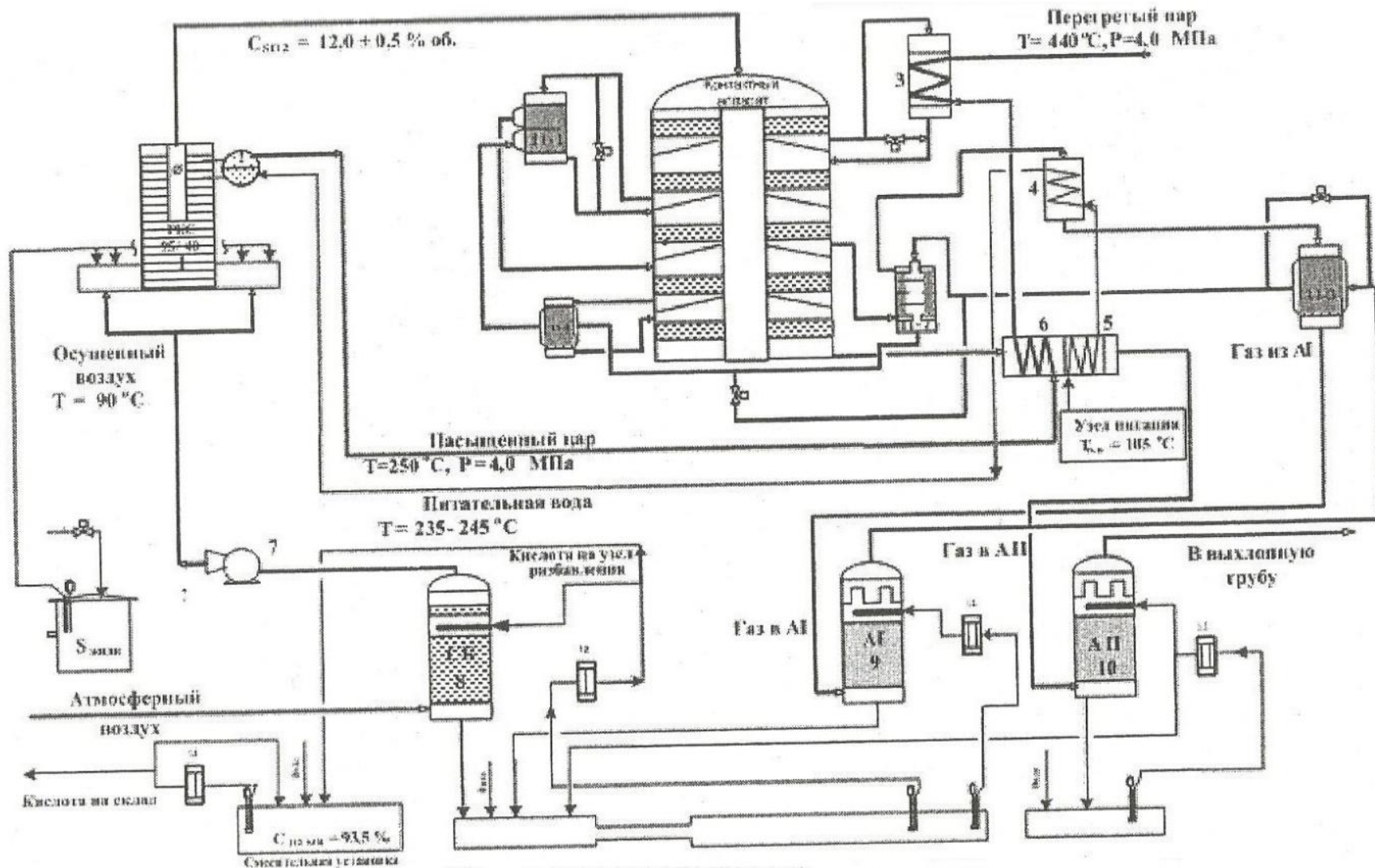
Использование тепла абсорбции.

Использование тепла абсорбции позволило бы:

- ⦿ снизить расход электроэнергии за счет снижения расхода оборотной воды;
- ⦿ использовать тепло на отопление и другие нужды без выброса парникового газа (CO_2).

Исследования велись в двух направлениях:

- ⦿ получение теплофикационной воды с температурой до 95;
- ⦿ получение пара под давлением 0,6-0,8 МПа.



Принципиальная технологическая схема сернокислотной системы:
 1 – котло-печной агрегат, 2 – барабан котла, 3, 6 – пароперегреватели, 4, 5, –
 экономайзеры, 7 – нагреватель, 8 – сушильная башня, 9, 10 – абсорберы,
 11.1-11.3 – теплообменники контактного узла, 12 – холодильники САО

Совершенствование технологии серной кислоты проводится в следующих направлениях:

- снижение выбросов вредных веществ в атмосферу;
- максимальное использование тепла реакций, протекающих в производстве серной кислоты, с получением максимально возможного количества энергетического пара и других теплоносителей (горячая вода, пар $P=0,6-0,8$ МПа);
- снижение энергетических затрат;
- интенсификация систем за счет увеличения линейных скоростей в контактном аппарате и башенном оборудовании и повышение концентрации диоксида серы в технологическом газе;
- упрощение технологической схемы с сокращением количества оборудования (насосов, холодильников, арматуры и др.);
- использование нового оборудования с минимальным потреблением электроэнергии (насосы, воздуходувки, компрессоры)