

ТЕХНИЧЕСКОЕ ПРЕДЛОЖЕНИЕ
на изготовление и поставку внутренних
устройств и колонны для очистки газов от
диоксида серы.

1. Принципиальное решение.

Целевую задачу очистки отходящих газов от агломашин до содержания диоксида серы $2,7 \text{ г/нм}^3$ предлагается решить путем строительства завода по производству товарного диоксида серы SO_2 .

Оценочная выручка завода составит 630 млн. руб.

Принципиальная схема очистки заключается в улавливании SO_2 сульфитом натрия на стадии адсорбции, и десорбции газа на стадии регенерации сульфита натрия. В дальнейшем сконцентрированный диоксид серы поступает на очистку и сжижение.

В качестве контактного устройства для обоих аппаратов массообмена предлагается использовать пакетно-вихревую насадку (ПВН). Эта инновационная конструкция, ввиду высоких достигаемых параметров эффективности массообмена, позволяет существенно сократить размеры колонных аппаратов, а также сократить эксплуатационные расходы. Поскольку оптимальные режимы массопереноса в пакетно-вихревой насадке устанавливаются при линейных скоростях газа от 2 м/с до 5 м/с, что существенно выше значений скорости для обычных контактных устройств ($\sim 1 \text{ м/с}$), применение ПВН также позволяет обеспечить широкий интервал рабочих нагрузок по питанию аппарата.

Абсорбер и регенератор очистки газа от агломерационных машин предлагается организовать обычным противоточным способом. Очищаемый газ подается в низ абсорбера на глухую тарелку над емкостью сбора жидкого абсорбента и после очистки выходит сверху аппарата; свежий абсорбент поступает сверху и собирается внизу абсорбера. Насыщенный диоксидом серы абсорбент с низа абсорбера, нагреваясь в рекуперативном пластинчатом теплообменнике, подается в регенератор. Выделившийся диоксид серы вместе с парами флегмы с верха регенератора поступает в воздушный холодильник. Отделившийся газ направляется на установку утилизации. Качество жидкой фазы соответствует свежему абсорбенту, и она подается в линию орошения абсорбента.

В данном варианте расчета для процесса регенерации применяется комплексный метод нагрева абсорбента - нагрев в ребойлере глухим паром и одновременная подача в низ колонны острого пара ($P=3 \text{ атм}$, $T=180^\circ\text{C}$), что позволяет скомпенсировать испарение воды при отпарке диоксида серы.

При использовании для нагрева абсорбента только глухого пара в ребойлере требуется разбавление раствора сульфита натрия до рабочей концентрации, а также происходит увеличение тепловых потоков на 15-20% по сравнению с комплексным методом обогрева.

Для достижения максимальной эффективности работы насадки внутри абсорбера и регенератора насадку предлагается разместить в виде четырех и трех секций соответственно, снабженных коллекторными и распределительными устройствами. Размеры слоев и используемые объемы насадки рассчитаны в зависимости от мощности исходного потока газа (см. п. 2. Техническое задание) и приведены в п. 5. Расчетные параметры работы абсорбера и регенератора.

Верхний слой снабжается каплеотбойной сеткой.

2. Техническое задание.

Исходный состав поступающего на очистку газа после агломерационной машины, приведен в Таблице 1.

Таблица 1.

Состав поступающего на очистку газа.

Компоненты	ПДВ, мг/нм ³	Факт, мг/нм ³
Пыль (твердые вещества)	155	341,7
Диоксид серы	2723	13872
Окислы азота	105	134,2

3. Описание принципиальной схемы.

Газ после агломерационной машины поступает в жидкостной охладитель где так же происходит очистка от пыли. Пыль от раствора отделяется с помощью фильтрации. Охлажденный и очищенный от пыли газ поступает в абсорбер (поз1), где с использованием сульфита натрия происходит улавливание оксидов азота и диоксида серы. Очищенный газ сбрасывается в атмосферу.

Раствор сульфита и гидросульфита натрия направляется на регенерацию в десорбер (поз 2). Проходя через рекуперативный теплообменник (поз.3), где происходит нагрев абсорбирующей жидкости, абсорбент поступает в регенератор где и происходит выделение абсорбированного газа.

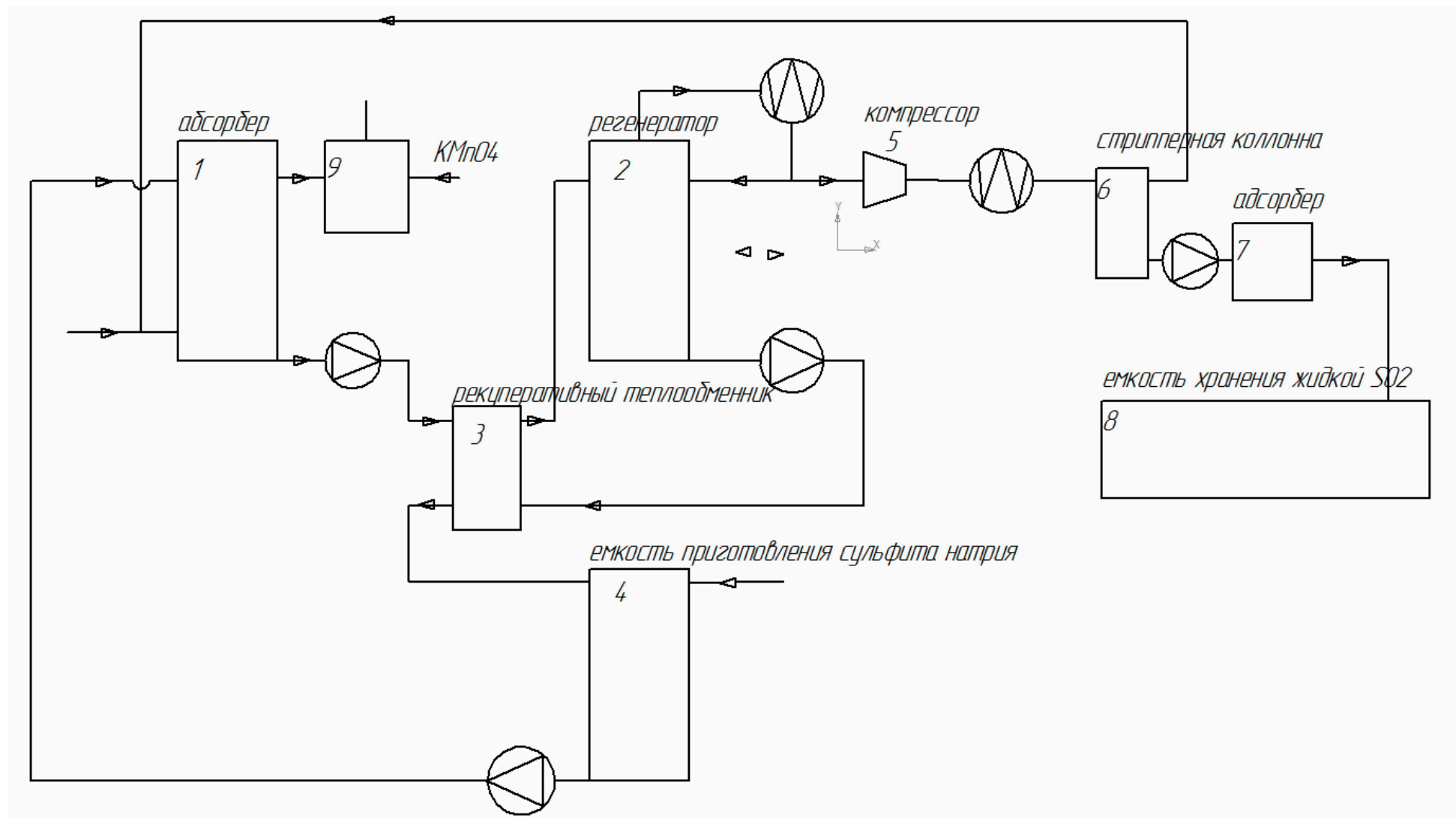
Регенерированный абсорбент через рекуперативный теплообменник (роз.3) поступает в емкость укрепления раствора сульфита натрия(поз.4). Поскольку при абсорбции так же происходит абсорбция и окислов азота, которые образуют с натрием не разрушаемые соли, при охлаждении часть данных солей будет выпадать в осадок, в емкости приготовления сульфита натрия происходит восстановление концентрации. Выделившиеся газы (в основном SO_2) проходя через охладитель и сепаратор отделяются от паров воды. Охлажденный и осушенный газ поступает в компрессор (поз5) (давление на выходе 1,5МПа). После компрессора газ поступает в стриперную колонну (поз.6), где в первой ступени отделяются легко кипящие примеси, во второй низко кипящие примеси. После охлаждения SO_2 поступает в адсорбер (поз.7) для удаления примесей влаги и стекает в емкость хранения (поз8).

Примеси отделившиеся в стриперных колоннах возвращаются в абсорбер.

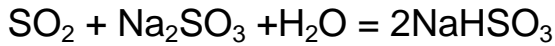
Окислы азота с низкой степенью окисления поступают в окислитель где реагируют с раствором перекиси водорода с образованием азотной кислоты.

ТЕХНИЧЕСКОЕ ПРЕДЛОЖЕНИЕ
на изготовление и поставку внутренних устройств и колонны для очистки газов от
диоксида серы.

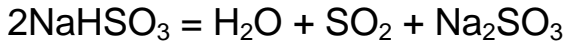
Стр. 5
Дата
Раздел
Ревизия



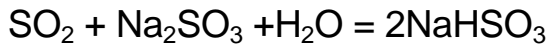
4. Стехиометрический расчет процесса абсорбции.



Реакция протекает при температуре 45-60С



Реакция протекает при температуре 100°С и давлении 40-50 кПа



Количество улавливаемого SO₂ составляет:

$$13872-2723 = 11\,149 \text{ мг/нм}^3$$

С учетом происходящих процессов окисления SO₂ до SO₃ - реакция образования продукта Na₂SO₄ становится необратимой и происходит накопление Na₂SO₄ – следовательно требуется периодическое обновление раствора сульфита натрия.

Так как процессы на процессы окисления отводится не более 10% SO₂ количество SO₂, получаемого в десорбере, составляет :

$$220\,000 \text{ нм}^3/\text{ч} \cdot 11\,149 \text{ мг/нм}^3 \cdot (100\% - 10\%) = 2\,208 \text{ кг/ч.}$$

Образовавшийся раствор сульфита натрия поступает в десорбер где при температуре 100 – 110 °С происходит обратный процесс с выделением диоксида серы.

Количество требуемого сульфита натрия на процесс поглощения SO₂ с учетом двухкратного стехеометрического коэффициента составит:

$$220\,000 \text{ нм}^3/\text{ч} \cdot 11\,149 \text{ мг/нм}^3 \cdot (126/64) \cdot 2 = 9\,657,8 \text{ кг/ч.}$$

Количество жидкости подаваемой на орошение в абсорбер ограничивается минимальной степенью орошения (от 15 м³/м² насадки)

Поскольку диаметр аппарата составляет 4,1м, то минимальное количество орошения составляет 450м³/ч. При требуемом количестве сульфита натрия концентрация составит 2,146% масс. Кроме сульфита натрия в растворе остается не регенерированный гидросульфит натрия.

Таблица 2.

Абсорбер

		Вход		Выход	
		Концентрация, Мг/нм ³	Массовая подача, кг/ч	Концентрация, Мг/нм ³	Массовая подача, кг/ч
Газ	SO ₂	13871,7	2 598,4	2723	599,06
	NO _x	134,2	29,5	134,2	29,5
	Пыль	341,7	75,0	155,0	34,1
	Воздух		283 800		284 800
Абсорбент	H ₂ O		450 000		449 000
	Na ₂ SO ₃	2,146%	9 657,8	1,182%	5 310,8
	NaHSO ₃	1,431%	6 438,5	2,402%	13 611,3
	Na ₂ SO ₄			0,097%	435,4
	пыль				41

В результате реакций окисления в растворе кроме сульфита и гидросульфита натрия образуется сульфат натрия.

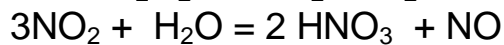
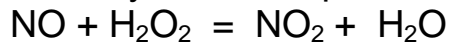
Уловленная в абсорбере пыль очищается при проведении процесса фильтрации, далее абсорбент поступает через рекуперативный теплообменник в десорбер.

Таблица 3.

Десорбер

		Вход		Выход	
		Концентрация, Мг/нм ³	Массовая подача, кг/ч	Концентрация, Мг/нм ³	Массовая подача, кг/ч
Газ	SO ₂				2208
	H ₂ O				100
Абсорбент	H ₂ O		449 000		450 000
	Na ₂ SO ₃	1,182%	5 310,8	2,146%	9 657,8
	NaHSO ₃	2,402%	13 611,3	1,431%	6 438,5
	Na ₂ SO ₄	0,097%	435,4		

Очищенный от SO₂ газ с содержанием NO_x порядка 134 мг/м³ поступает в реактор окислитель, где окислы азота с низкой степенью окисления вступают в реакцию с перекисью водорода H₂O₂ с образованием HNO₃, а полученная азотная кислота может быть использована для собственных нужд, либо при нейтрализации щелочью получить минеральные удобрения



Процесс необходимо вести в щелочной среде, так как при этом достигается увеличение степени абсорбции окислов азота.

Количество перекиси водорода требуемого для очистки составит порядка 25кг/ч - стоимость 30-40руб. за кг.

Количество сульфита натрия требуемого для очистки составит порядка 450 кг/ч

Количество получаемого диоксида серы 2,2 т/ч стоимость 35-40 тыс руб/т.

5. Расчетные параметры работы абсорбера и регенератора.

Оценка рабочих значений параметров работы абсорбера и регенератора представлена в Таблицах 4 и 5. Технические характеристики колонны приведены в Таблице 6.

Таблица 4.

Расчетные параметры работы абсорбера.

№п.п.	Параметр	Значение
Материальный баланс:		
1	Поток газа входящий, тыс. Нм ³ /ч	220.0
	Диапазон по питанию, тыс. Нм ³ /ч, (%)	140 – 240 (65-110)
2	Поток жидкости входящий, т/ч (м ³ /ч)	450 (450)
4	Поток газа исходящий, тыс. Нм ³ /ч	221.0
5	Поток жидкости исходящий, т/ч (м ³ /ч)	449 (449)
Тепловой баланс:		
7	Температура газа на входе, °С	125
8	Температура раствора на входе, °С	40
9	Температура газа на выходе, °С	35
10	Температура раствора на выходе, °С	50
Давление:		
11	Давление подачи газа, кПа ^{а)}	110
12	Давление выхода газа, кПа ^{б)}	100
13	Перепад давления, кПа	10

Таблица 5.

Расчетные параметры работы регенератора.

№п.п.	Параметр	Значение
Материальный баланс:		
1	Поток жидкости входящий, т/ч (м ³ /ч)	450 (450)
2	Диапазон по питанию, %	60-110
3	Поток газа исходящий, кг/ч	44550
4	Поток жидкости исходящий, т/ч (м ³ /ч)	450 (450)
6	Поток острого пара в низ колонны, т/ч	0.39
Тепловой баланс:		
7	Температура газа на выходе, °С	80,0
8	Температура МДЭА на входе, °С	98,0
9	Температура МДЭА на выходе, °С	101,0
Давление:		
12	Давление низа аппарата, кПа ^{б)}	95
13	Перепад давления, кПа	5,0

Таблица 6.

Технические характеристики колонных аппаратов

Параметр	Абсорбер	Регенератор
Габариты колонны:		
Диаметр аппарата, мм	4100	3900
Общая высота аппарата ^{б)} , мм	16 000	14 000
Материальное исполнение аппарата:		
Параметры насадки:		
Тип контактного устройства	ПВН	ПВН
Количество секций	4	3
Диаметр, мм ^{а)}	4 100	3 900
Высота, мм ^{а)}	2 500	2 000
Общая высота, мм ^{а)} :		
-Насадки	10 000	8 000
-Насадки с учетом вспомогательных устройств ^{б)}	16 000	10 000
Материал насадки	12Х16Н10Т ^{в)}	12Х16Н10Т ^{в)}
Расчетное давление, кПа	180	180
Расчетная температура, °С	60	120

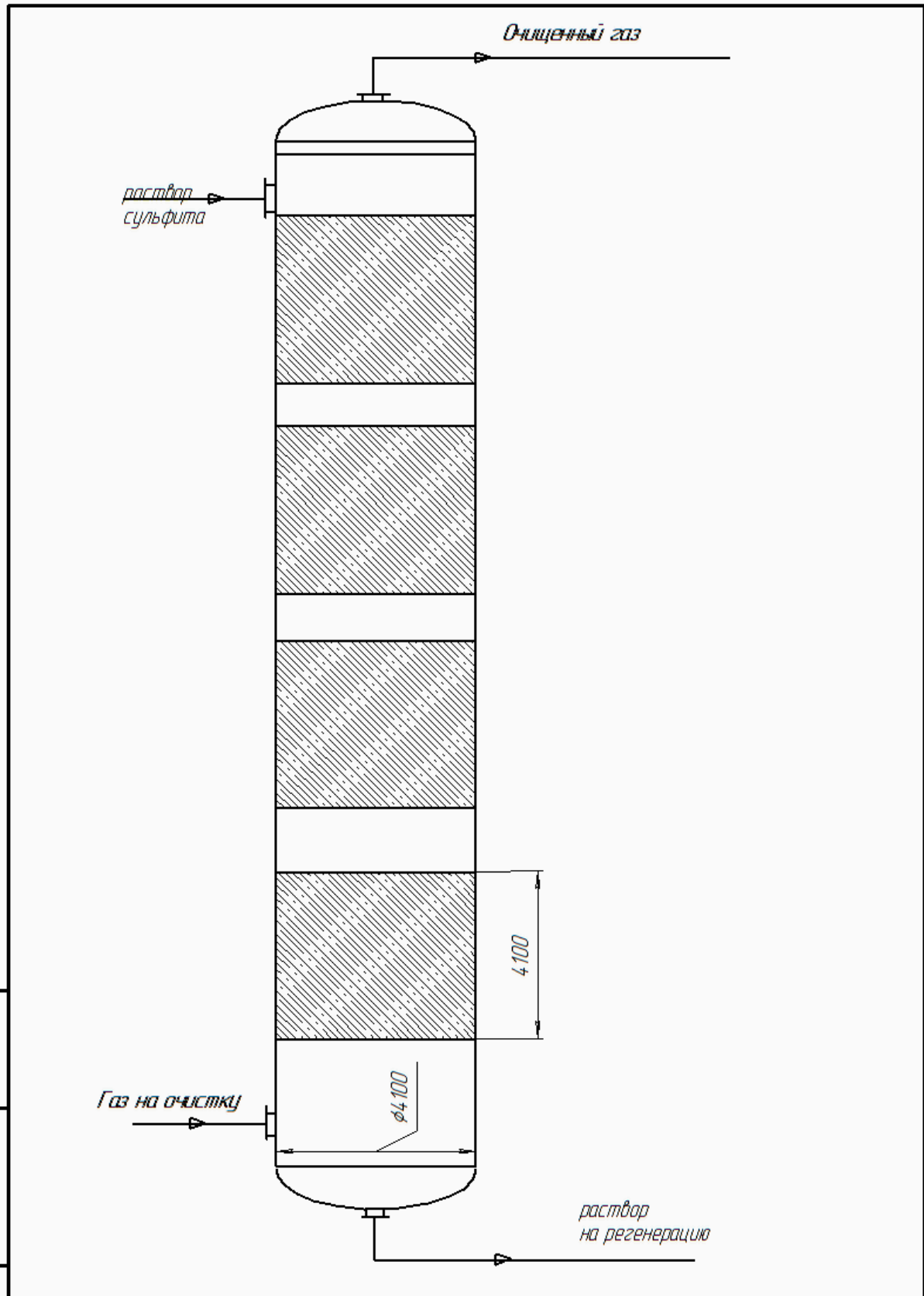
а) Насадочная часть абсорбера разбивается на четыре секции равного размера, регенератора на 3 секции равного размера разделенных коллекторным и распределительным устройствами. б) По желанию заказчика материал может быть уточнен при изготовлении КД. в) Оценочная высота аппарата.

Компания предоставляет данные по параметрам работы вспомогательных устройств (насосы), но не рассматривает их в рамках данного Предложения. Конструкторская документация на изготовление аппаратов и схемы обвязки будут выполнены после предварительного согласия с данным технико-коммерческим предложением.

Для более подробной информации по стриперной колонне, докислителю окислов азота необходима информация по точному химсоставу отходящих газов.

ТЕХНИЧЕСКОЕ ПРЕДЛОЖЕНИЕ
на изготовление и поставку внутренних
устройств и колонны для очистки газов
от диоксида серы.

Стр. 11
Дата
Раздел
Ревизия



Лист № подл.	Подпись и дата.	Взят унбн№
--------------	-----------------	------------

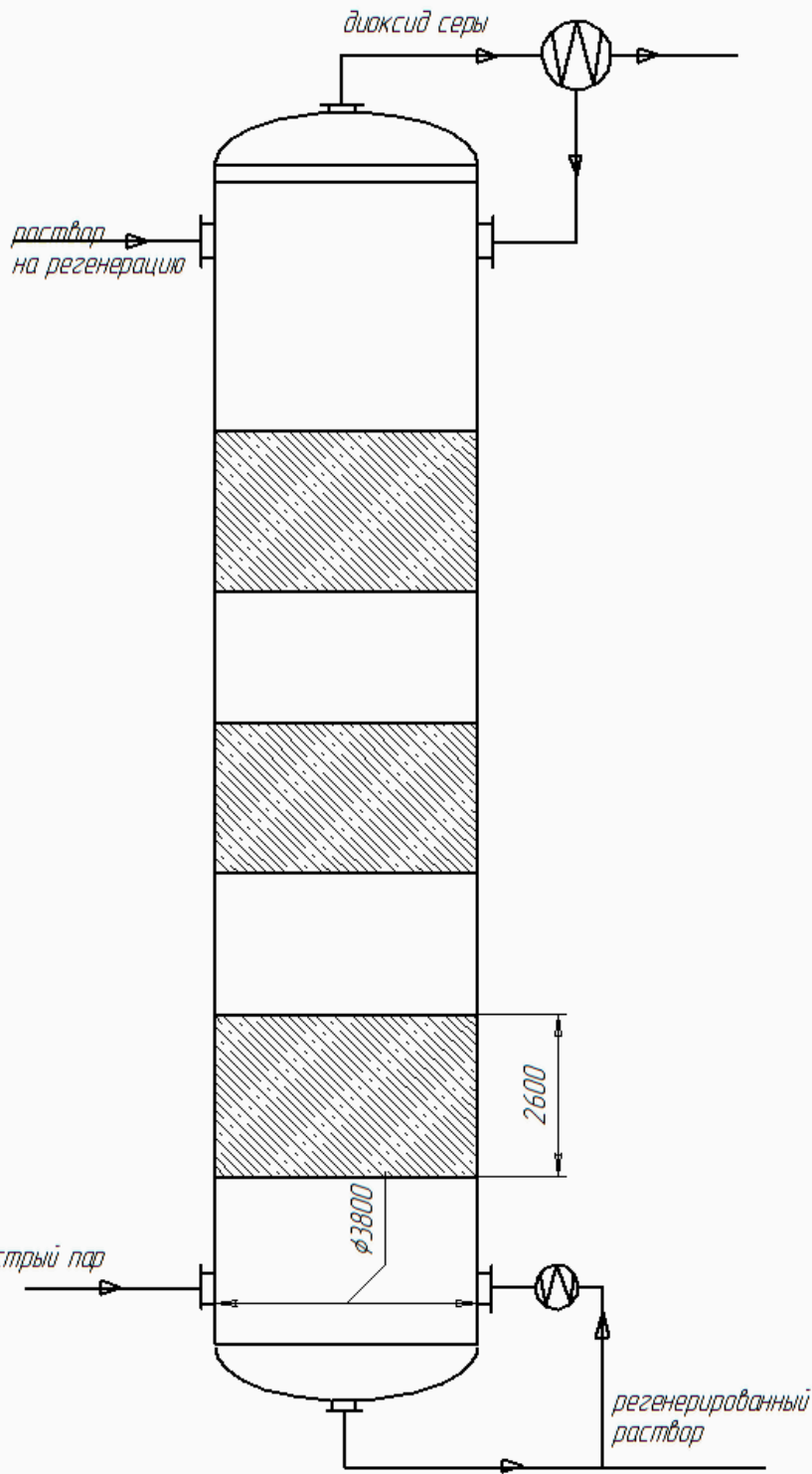
Изм.	Код уч.	Лист	№ док.	Подпись	Дата
------	---------	------	--------	---------	------

Адсорбер
диоксида серы

Лист

ТЕХНИЧЕСКОЕ ПРЕДЛОЖЕНИЕ
на изготовление и поставку внутренних
устройств и колонны для очистки газов
от диоксида серы.

Стр. 12
Дата
Раздел
Ревизия



Инд № подл	Взят инд №
Изм.	Подпись и дата

Изм.	Код уч	Лист	№ док	Подпись	Дата
------	--------	------	-------	---------	------

десорбер

Лист

Рынок применения SO₂.

Сернистая кислота используется во многих областях пищевой промышленности, и не только из-за её антимикробного эффекта. Ниже приведены примеры, иллюстрирующие только действие сернистой кислоты против микроорганизмов.

Мясопродукты. Сульфиты тормозят развитие бактерий в свежем мясе и мясопродуктах. Одновременно сернистая кислота в известной мере стабилизирует окраску мяса. В результате у потребителя может сложиться обманчивое впечатление о свежести мяса.

Фруктовые продукты. Сернистую кислоту используют во многих продуктах из фруктов как промежуточный консервант. Её добавляют к сырью или полуфабрикатам и удаляют в процессе переработки нагреванием или вакуумированием. В конечном продукте она содержится в незначительном количестве.

Как антимикробное средство сернистую кислоту применяют для сохранения целых и дроблёных фруктов (используемых для дальнейшей переработки), сухофруктов, фруктовых соков (используемых как сырьё), концентратов фруктовых соков, фруктовых пульп и фруктовых пюре. Кроме антимикробной роли она почти всегда должна выполнять и другие функции защиты - от окислительных (ферментативных и неферментативных) реакций побурения, других реакций окрашивания, от разрушения витаминов. Необходимая в этих случаях концентрация сернистой кислоты часто выше концентрации, которая требуется для защиты от микроорганизмов. На практике (в зависимости от вида продукта) добавляют от 0,01 до 0,2% SO₂, а в отдельных случаях и более. Остаточное количество сернистого газа в конечном продукте редко превышает 0,01%, чаще оно значительно ниже. Если такие концентрации и оказывают антимикробное действие, то незначительное, тем более что часть сернистой кислоты связана с компонентами пищевого продукта, например с сахаром.

Напитки. Основной напиток, в котором применяется диоксид серы, - вино (и полупродукты для его производства).

Сернистую кислоту применяют в производстве сока. Её добавляют к свежавыдавленному соку для замедления роста уксуснокислых бактерий, диких дрожжей и плесневых грибов.

Культурные дрожжи при правильной обработке сернистым газом не погибают; поэтому добавление его к соку обеспечивает быстрое и гарантированное брожение. Кроме того, обработка сернистым ангидридом замедляет развитие кислоторазрушающих бактерий. Для соков с низким содержанием кислот, получаемых при нормальной температуре, требуется примерно 40- 50 мг двуокиси серы на 1 л; для соков, богатых кислотами, достаточно 30-40 мг/л. Если сок получают при более высокой температуре (например, в южных странах), требуется до 200 мг/л сернистого ангидрида.

Большее количество SO_2 (1500-2000 мг/л) позволяет вообще исключить брожение. Из обработанного таким образом «немного» сока в специально сконструированных аппаратах нагреванием до 90-110°C при одновременном пропускании инертного газа можно удалить двуокись серы до остаточного количества примерно 25-150 мг/л. После удаления сернистого газа соки можно использовать для производства вин с остаточным сахаром. В настоящее время добавление сернистого газа или сульфитов во время брожения (т.е. остановка брожения) считается нежелательным, так как приводит к слишком высокому содержанию сернистой кислоты в конечном продукте.

Добавление сернистого газа во время и после приготовления вина приводит к связыванию ацетальдегида (не обсуждаемому здесь), стабилизации окраски, получению требуемого окислительно-восстановительного потенциала, а также к микробиологической устойчивости. Часть сернистой кислоты связывается с различными компонентами вина и побочными продуктами брожения, прежде всего с ацетальдегидом. Антимикробное действие сернистой кислоты определяется преимущественно несвязанной частью, т.е. свободной сернистой кислотой. Связанная сернистая кислота тоже оказывает действие на некоторые бактерии.

В соответствии со своим спектром действия диоксид серы прежде всего уменьшает бактериальные изменения вина («болезни вина») — уксусное скисание, молочнокислое и маннитное брожение, мышиный привкус и ожирение. Обычная в виноделии концентрация сернистого ангидрида не уменьшает нежелательное развитие дрожжей, т.е. переброживание. Существуют виды дрожжей, которые активны даже при концентрации SO_2 1000 мг/л.

С давних пор сернистая кислота в виде 1-2%-х растворов служит для дезинфекции аппаратов, сосудов, бутылок, пробок и прочего оборудования и инвентаря, необходимого в виноделии, производстве напитков и других отраслях пищевой промышленности. Ёмкость ополаскивают микробиологически чистой водой и дают ей стечь, чем сводят до минимума попадание SO_2 в готовый пищевой

продукт. Правда, корковые пробки от длительного воздействия сернистой кислоты портятся. Известен также способ окуривания сосудов - внутри сосуда сжигают серу и образующийся сернистый газ оказывает дезинфицирующее действие.

Нитрат калия применяют как удобрение, для изготовления черного пороха и пиротехн. составов, в производстве спичек, стекла, для консервирования мясных продуктов.