

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/м ³ | Факт, мг/м 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.

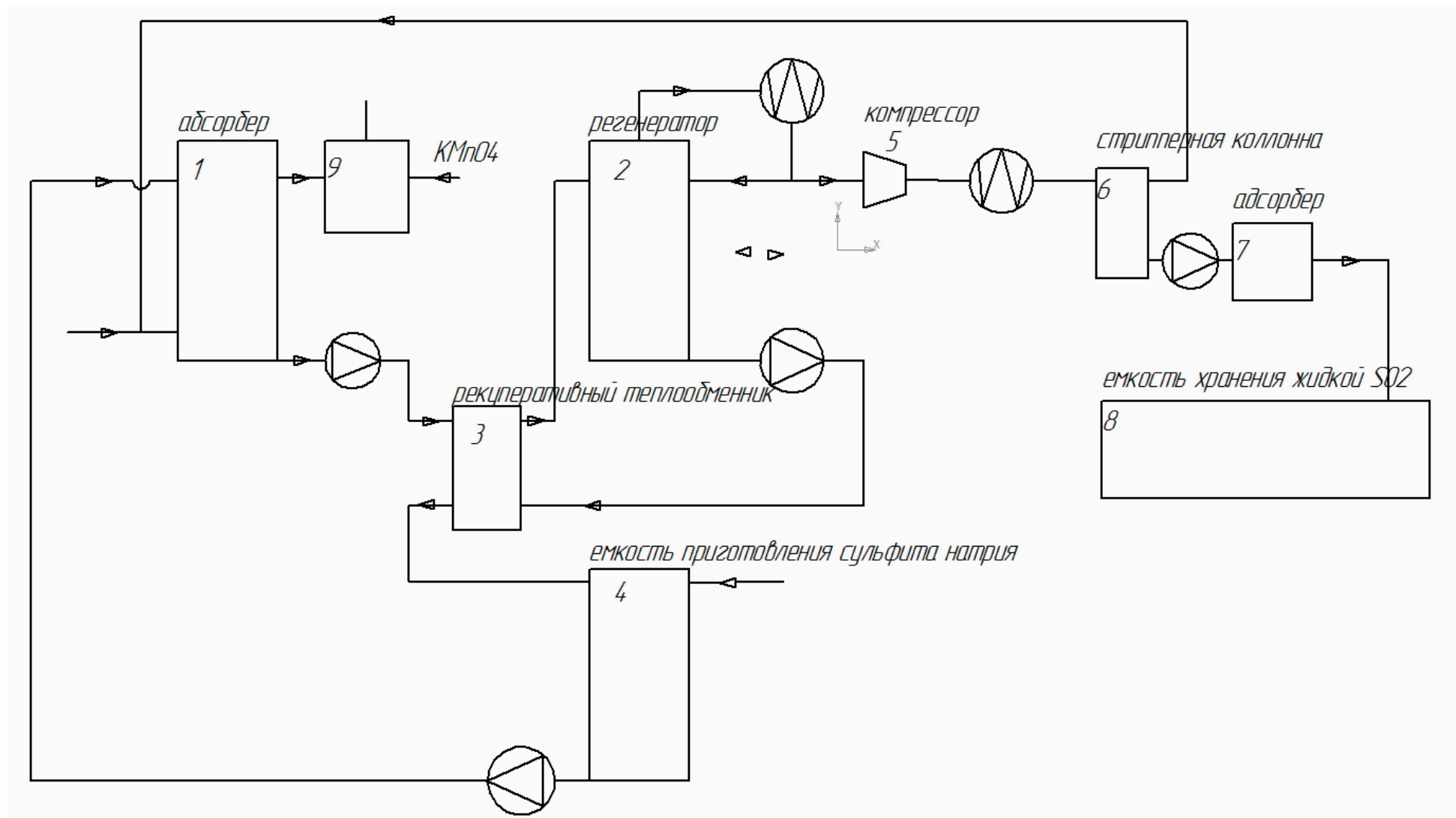
Регенерированный абсорбент через рекуперативный теплообменник (роз.3) поступает в емкость укрепления раствора сульфита натрия(поз.4). Поскольку при абсорбции так же происходит абсорбция и окислов азота, которые образуют с натрием не разрушаемые соли, при охлаждении часть данных солей будет выпадать в 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.

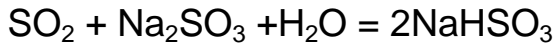
Окислы азота с низкой степенью окисления поступают в окислитель где реагируют с раствором перекиси водорода с образованием азотной кислоты.

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

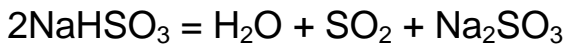
Стр. 5
Дата
Раздел
Ревизия



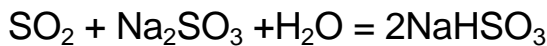
4. Стехиометрический расчет процесса абсорбции.



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 :

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

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:

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

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.

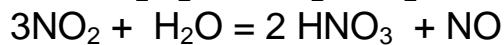
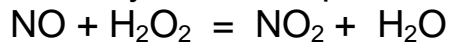
Уловленная в абсорбере пыль очищается при проведении процесса фильтрации, далее абсорбент поступает через рекуперативный теплообменник в десорбер.

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 |

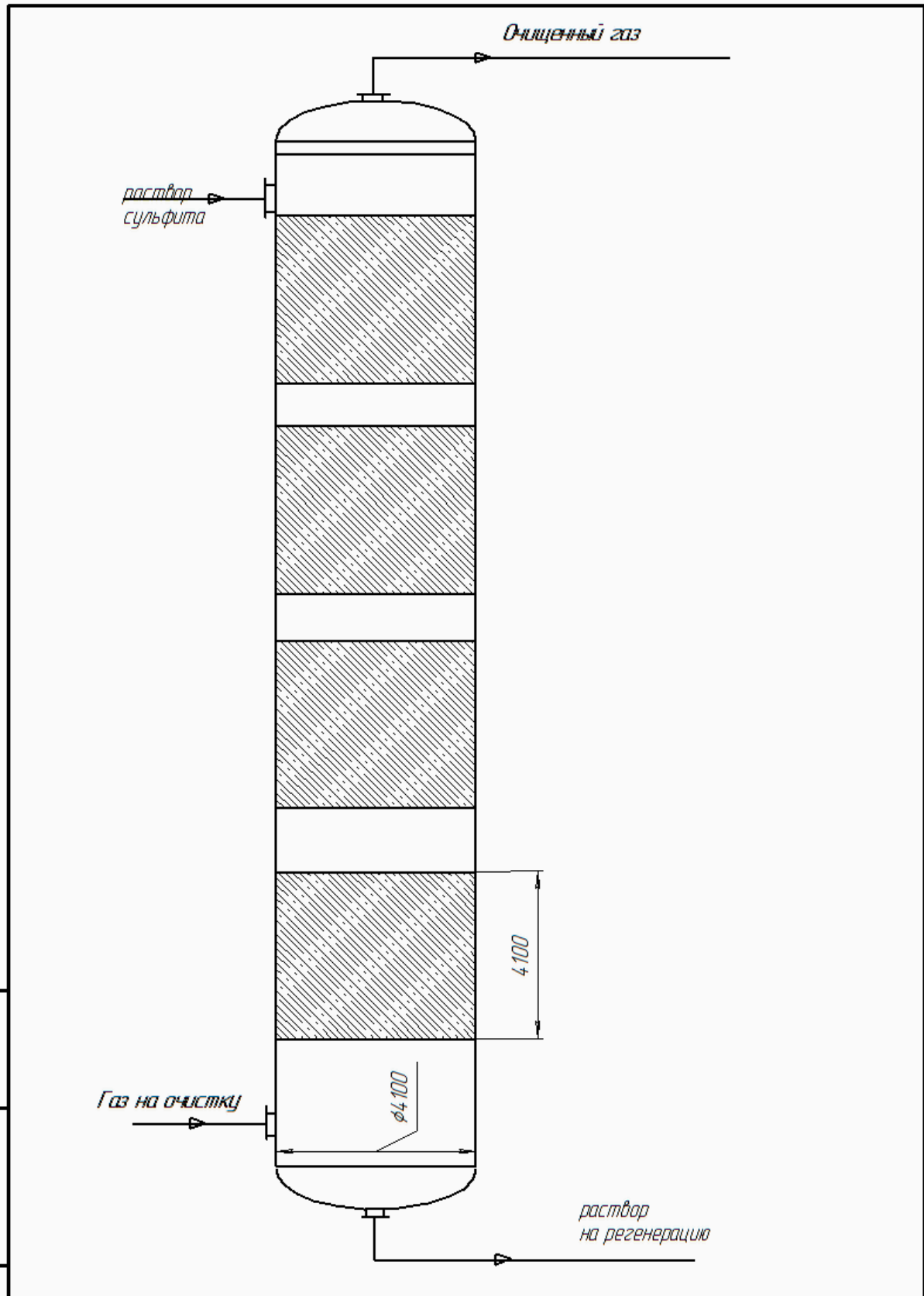
а) Насадочная часть абсорбера разбивается на четыре секции равного размера, регенератора на 3 секции равного размера разделенных коллекторным и распределительным устройствами. б) По желанию заказчика материал может быть уточнен при изготовлении КД. в) Оценочная высота аппарата.

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№ |
|--------------|-----------------|------------|

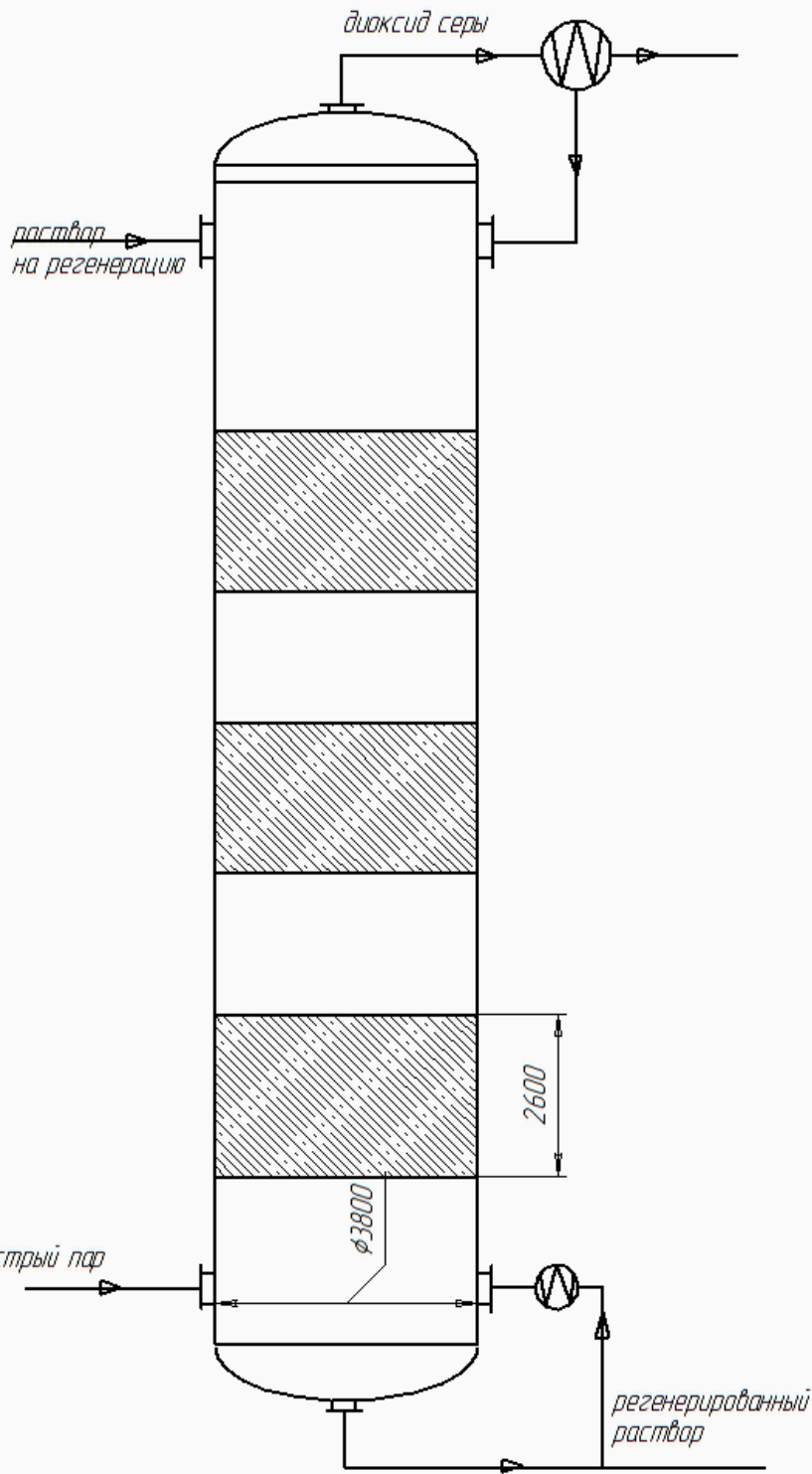
| | | | | | |
|------|---------|------|--------|---------|------|
| Изм. | Код уч. | Лист | № док. | Подпись | Дата |
|------|---------|------|--------|---------|------|

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 свежевыдавленному 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, мышинный 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.