

***Обработка агрессивного воздуха – создание благоприятной среды***

**Краткое введение в технологию скрубберов  
Абсорбция газов из воздуха с помощью промывочной жидкости**

**Оглавление**

1	Принципы	
2	От чего можно очистить воздух	
3	Основы расчета	
4	Различные типы скрубберов с наполнителем / без наполнителя	
5	Скрубберы и каплеотделители	
6	Выбор материала	
7	Управление	Уровни РН-значение Температура Поток воздуха Поток жидкости Проводимость Слив
8	Примеры	HCl с водой HCl с NaOH H <sub>2</sub> S с NaOH SO <sub>2</sub> с NaOH
8	Степень очистки	
9	График потока	

## **Обработка агрессивного воздуха – создание благоприятной среды**

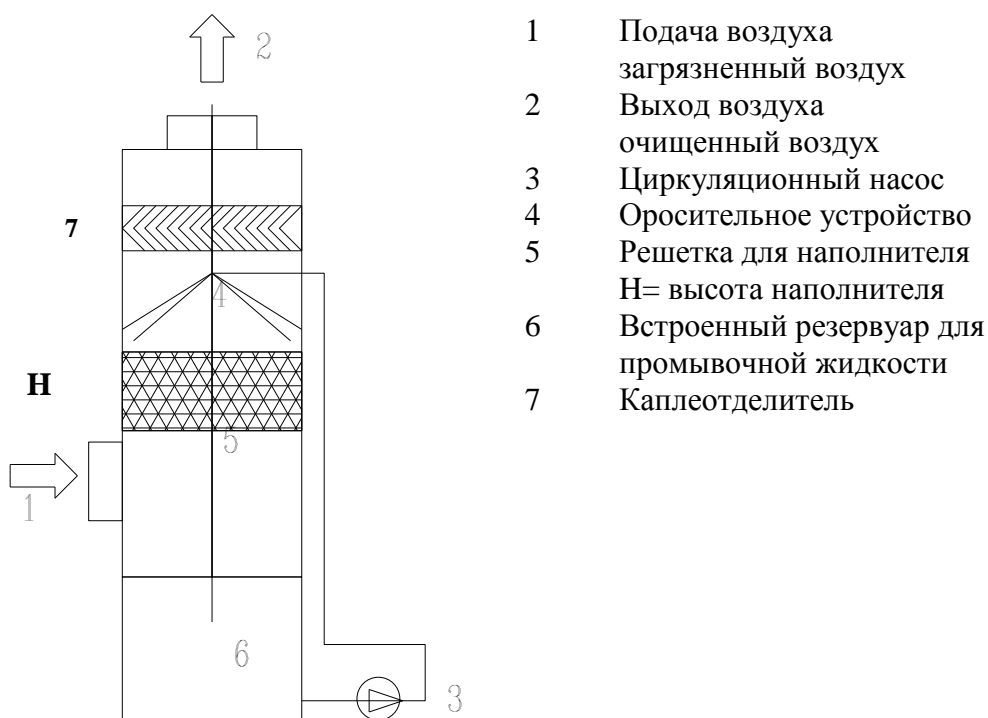
### **1 Принципы**

Загрязненный воздух сталкивается с промывочной жидкостью, которая распыляется в поток воздуха противоточно или поперечно. Это может происходить в башне скруббера с насадками или в башне скруббера с насадками и наполнителем, чья функция заключается в увеличении контактной поверхности между жидкостью и загрязненным воздухом/газом.

Требованиями к наполнителю являются:

- химическая стойкость
- низкие потери давления
- невосприимчивость к частицам

Очистка может осуществляться в один или несколько этапов с одной или разными промывочными жидкостями, все зависит от требований, выдвинутых к очистке в конкретном случае.



## **Обработка агрессивного воздуха – создание благоприятной среды**

### **2 От чего можно очистить воздух**

Основной принцип заключается в том, что загрязнения должны быть растворимы в промывочной жидкости или быть связанными в виде эмульсии.

Вот несколько примеров загрязнения и соответствующие химические вещества для промывки

<b>Загрязнения в воздухе</b>	<b>Промывочная жидкость</b>
Аммиак	Вода
Аммиак	Серная кислота
Сернистый газ	Вода
Сернистый газ	Едкий натр (щелочь)
Фтороводород	Вода
Фтороводород	Едкий натр
Соляная кислота	Вода
Соляная кислота	Едкий натр
Хлор	Едкий натр
Серная кислота	Вода
Сероводород	Едкий натр
Сероводород	Вода
Ацетон	Вода
Этанол	Вода
Метанол	Вода
Уксусная кислота	Вода
Уксусная кислота	Едкий натр
Муравьиная кислота	Вода
Муравьиная кислота	Едкий натр

## Обработка агрессивного воздуха – создание благоприятной среды

### 3 Основы расчета

Чтобы рассчитать абсорбционную систему требуются некоторые базовые данные со стороны клиента

#### Базовые данные (от клиента)

1	Тип загрязнений		
2	Объем воздуха		м <sup>3</sup> /ч
3	Температура воздуха		С
4	Относительная влажность воздуха		%
5	Входная концентрация загрязнений		мг/м <sup>3</sup>
6	Желаемая выходная концентрация		мг/м <sup>3</sup>
7	Особые пожелания касательно промывочной жидкости		
8	Данные о системе последующей обработки отработанной промывочной жидкости		

Расчеты должны дать следующий результат

#### Результат (рассчитанный Colasit и предоставленный клиенту)

1	Тип промывочной жидкости		
2	Циркулирующий объем промывочной жидкости		м <sup>3</sup> /ч
3	Объем опустошения (когда вода используется в качестве промывочной жидкости)		м <sup>3</sup> /ч
4	Концентрация слива		мг/литр
5	Потребность в охлаждении при экзотермических реакциях		кВт
6	Тип наполнителя и кол-во		Тип и кол-во в м <sup>3</sup>
7	Концентрация загрязнений в отработанном воздухе		мг/м <sup>3</sup>
8	Концентрация загрязнений в сточной воде		мг/литр
9	Расход промывочной жидкости		литр/ч

#### Вторичный результат (конструктивные данные Colasit)

1	Диаметр башни скруббера		м
2	Фактор инверсии		%
3	Падение давления со стороны воздуха		Па
4	Высота наполнителя		м
5	Высота башни скруббера		м

Фактор инверсии = 1 - образование «очереди» в наполнителе, кол-во жидкости слишком велико по отношению к кол-ву воздуха, что препятствует прохождению воздуха через наполнитель. Фактор инверсии должен находится в районе 0,60-0,65.

## **Обработка агрессивного воздуха – создание благоприятной среды**

### **4 Различные типы скрубберов**

<b>Вертикальный насадочный скруббер</b>	<b>1-ступ. 2-ступ.</b>	<b>VD1S VD2S</b>	<b>Направление воздуха снизу вверх</b>
<b>Вертикальный скруббер с наполнителем</b>	<b>1-ступ. 2-ступ.</b>	<b>VF1S VF2S</b>	<b>Напрааление воздуха снизу вверх</b>
<b>Горизонтальный скруббер с наполнителем</b>	<b>1-ступ. 2-ступ.</b>	<b>HF1S HF2S</b>	<b>Горизонт. поток воздуха</b>

### **5 Скрубберы и каплеотделители**

Скруббер отделяет загрязнения в газовом состоянии, где загрязнения растворяются, эмульгируются в промывочной жидкости (Скруббер увлажняет воздух промывочной жидкостью).

Каплеотделитель отделяет загрязнения механически в жидком состоянии, которые поступают в воздух в виде капель (отделяет капли с загрязнениями в воздухе, но не справляется с очисткой воздуха от загрязнений в форме газа.)

Конструкция каплеотделителей может варьироваться, но принцип все равно будет основываться на ламельных профилях, которые размещаются в потоке воздуха, даже каплеотделители с Wire mesh.

Степень отделения каждого типа полностью зависит от скорости набегающего потока по отношению к пакету ламелей/ Wire mesh, а также от жидкостной нагрузки на м<sup>2</sup> фронтальной поверхности.

Для пакета ламелей с горизонтальным потоком воздуха скорость набегающего потока лежит в диапазоне 3,5-5,5 м/с.

Для пакета ламелей с вертикальным потоком воздуха (снизу вверх) скорость набегающего потока лежит в диапазоне 2,8-3,6 м/с.

Для пакета Wire mesh с вертикальным потоком воздуха (снизу вверх) скорость набегающего потока лежит в диапазоне 1,8-2,3 м/с.

## **Обработка агрессивного воздуха – создание благоприятной среды**

### **6 Выбор материала**

Материал башни скруббера, канальной системы и резервуаров для жидкости должен выбираться соответственно:

- механической нагрузке
- химической нагрузке
- термической нагрузке

#### **Часть конструкции**

Башня/Корпус

#### **Стандартный материал**

PP,PPs или PVC

с/без армирования стекловолокном

Канальная система

Клапаны и насосы

PP или PVC PN10

PVC PP PN10

Уплотнения

EPDM или Viton

Резервуары для жидкости

PP

PP, армированный стекловолокном

### **7 Управление/Шкаф управления**

#### **Уровни жидкости**

- Датчики уровня жидкости в резервуаре
- Индуктивные или емкостные датчики на стояке
- Плавающий магнит в стояке
- Датчик нагрузки (размещается под резервуаром)

#### **pH-датчик**

- Измерительный усилитель в шкафу управления, который устанавливается между минимальным и максимальным заданным значением.
- Сигнал на дозирующий насос для концентрированной промывочной жидкости для запуска/останова (порционирования, регулирования)

#### **Температура**

- Датчик температуры pt100  
Особенно, если скруббер стоит вне помещения, с риском замерзания как следствие.  
При экзотермических реакциях требуется мониторинг температур/ контроль во избежание термических перегрузок.

## **Обработка агрессивного воздуха – создание благоприятной среды**

<b>Поток воздуха</b>	Преобразователь дифференциального давления
<b>Поток жидкости</b>	Магнитный поплавковый уровнемер с сигналом для максимального и минимального уровня.
<b>Проводимость</b>	Электропроводимость измеряется для определения уровня солености, тем самым регулируя интервалы опорожнения использованной промывочной жидкости.  <b>Внимание!</b> Проводимость при определенной концентрации соли варьируется вместе со значением рН промывочной жидкости, поэтому могут возникать сложности при регулировании опорожнения с помощью датчика проводимости. Угольная пыль и чужеродные загрязнители в промывочной жидкости существенно влияют на показания.

### **Полный или прерывистый слив промывочной жидкости**

Методы, доступные для регенерации и/или замены промывочной жидкости на новую:

1	<b>Режим задач</b>	Подходит для процессов, где хорошо известна химическая сторона процесса, продолжительность, а также выбросы в воздух (фармацевтическая промышленность). Случаи, где новая промывочная жидкость добавляется после каждого опорожнения, а использованная сливается в резервуар постобработки, где происходит нейтрализация, а также рН-регулирование перед закачкой в резервуар-приемник.
---	--------------------	--

**Обработка агрессивного воздуха – создание благоприятной среды**

- 2 Частичное опорожнение** Резервуар промывочной жидкости частично опорожняется в то время, как резервуар нейтрализации управляется таймером или датчиком проводимости. Резервуар промывочной жидкости пополняется водой во время рН-регулирования до требуемого значения. Процедура проводится во время работы скруббера.
- 3 Непрерывный слив** Непрерывный слив промывочной жидкости посредством трубы с мерником со стороны давления жидкостного контура. Непрерывное пополнение свежей воды происходит путем управления через датчики уровня максимального и минимального значения, после чего происходит регулирование уровня рН до требуемого значения. Непрерывный слив производится, чтобы избежать высокой засоленности в промывочной жидкости с образованием кристаллов, как следствие. Для очистки загрязнений только водой требуется непрерывный слив для достижения желаемого результата. **Далее смотреть пункт 8**

**8 Примеры**

Примеры основаны на количестве воздуха 6000 м<sup>3</sup>/ч темп. 20С.  
Тип наполнителя VVF50PP.

**Соляная кислота – промывочная жидкость: вода**

Входная концентрация (воздух)	1000	мг/м <sup>3</sup>
Выходная концентрация (воздух)	50	мг/м <sup>3</sup>
Промывочная жидкость	12	м <sup>3</sup> /ч
Входная концентрация (промыв. жидкость)	10 000	мг/литр
Выходная концентрация (промыв. жидкость)	10 512	мг/литр
Слив	582	литр/ч
Диаметр башни	1,0	м
Высота наполнителя	1,69	м
Падение давления на наполнителе	145	Па/м
Фактор инверсии	60	% (не более 65%)



**Обработка агрессивного воздуха – создание благоприятной среды****Соляная кислота – промывочная жидкость: едкий натр(щелочь)**

Входная концентрация (воздух)	1000	мг/м <sup>3</sup>
Выходная концентрация (воздух)	50	мг/м <sup>3</sup>
Промывочная жидкость	12	м <sup>3</sup> /ч
Входная концентрация (промыв. жидкость)		мг/м <sup>3</sup>
Выходная концентрация (промыв. жидкость)		мг/литр
Слив		литр/ч
Диаметр башни	1,0	м
Высота наполнителя	1,69	м
Падение давления на наполнителе	145	Па/м
Фактор инверсии	60	% (не более 65 %)

**Сероводород H<sub>2</sub>S - промывочная жидкость: едкий натр (щелочь)**

Входная концентрация (воздух)	1000	мг/м <sup>3</sup>
Выходная концентрация (воздух)	50	мг/м <sup>3</sup>
Промывочная жидкость	12	м <sup>3</sup> /ч
Входная концентрация (промыв. жидкость)		мг/м <sup>3</sup>
Выходная концентрация (промыв. жидкость)		мг/литр
Слив		литр/ч
Диаметр башни	1,0	м
Высота наполнителя	1,66	м
Падение давления на наполнителе	145	Па/м
Фактор инверсии	60	% (не более 65 %)

**Сероводород H<sub>2</sub>S - промывочная жидкость: едкий натр (щелочь)**

Входная концентрация (воздух)	2000	мг/м <sup>3</sup>
Выходная концентрация (воздух)	50	мг/м <sup>3</sup>
Промывочная жидкость	12	м <sup>3</sup> /ч
Входная концентрация (промыв. жидкость)		мг/м <sup>3</sup>
Выходная концентрация (промыв. жидкость)		мг/литр
Слив		литр/ч
Диаметр башни	1,0	м
Высота наполнителя	2,28	м
Падение давления на наполнителе	145	Па/м
Фактор инверсии	60	% (не более 65 %)

**Сернистый газ SO<sub>2</sub> - промывочная жидкость: едкий натр (щелочь)**

Входная концентрация (воздух)	1000	мг/м <sup>3</sup>
Выходная концентрация (воздух)	50	мг/м <sup>3</sup>
Промывочная жидкость	12	м <sup>3</sup> /ч
Входная концентрация (промыв. жидкость)		мг/м <sup>3</sup>
Выходная концентрация (промыв. жидкость)		мг/литр
Слив		литр/ч
Диаметр башни	1,0	м
Высота наполнителя	2,11	м
Падение давления на наполнителе	145	Па/м
Фактор инверсии	60	% (не более 65 %)

**Обработка агрессивного воздуха – создание благоприятной среды****Сернистый газ SO<sub>2</sub> - промывочная жидкость: едкий натр (щелочь)**

Входная концентрация (воздух)	2000	мг/м <sup>3</sup>
Выходная концентрация (воздух)	50	мг/м <sup>3</sup>
Промывочная жидкость	12	м <sup>3</sup> /ч
Входная концентрация (промыв. жидкость)		мг/м <sup>3</sup>
Выходная концентрация (промыв. жидкость)		мг/литр
Слив		литр/ч
Диаметр башни	1,0	м
Высота наполнителя	2,60	м
Падение давления на наполнителе	145	Па/м
Фактор инверсии	60	% (не более 65 %)

**Аммиак NH<sub>3</sub> - промывочная жидкость: серная кислота H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>**

	1000	мг/м <sup>3</sup>
Выходная концентрация (воздух)	50	мг/м <sup>3</sup>
Промывочная жидкость	12	м <sup>3</sup> /ч
Входная концентрация (промыв. жидкость)		мг/м <sup>3</sup>
Выходная концентрация (промыв. жидкость)		мг/литр
Слив		литр/ч
Диаметр башни	1,0	м
Высота наполнителя	1,36	м
Падение давления на наполнителе	145	Па/м
Фактор инверсии	60	% (не более 65 %)

**Аммиак NH<sub>3</sub> - промывочная жидкость: серная кислота H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>**

Входная концентрация (воздух)	2000	мг/м <sup>3</sup>
Выходная концентрация (воздух)	50	мг/м <sup>3</sup>
Промывочная жидкость	12	м <sup>3</sup> /ч
Входная концентрация (промыв. жидкость)		мг/м <sup>3</sup>
Выходная концентрация (промыв. жидкость)		мг/литр
Слив		литр/ч
Диаметр башни	1,0	м
Высота наполнителя	1,68	м
Падение давления на наполнителе	145	Па/м
Фактор инверсии	60	% (не более 65 %)

**Степень очистки**

От большинства кислот воздух можно очистить со степенью очистки до 95-99 % согласно теории.

Практически степень очистки лежит в диапазоне 90-95 %.

Также это касается сероводорода и сернистого газа.

### **Обработка агрессивного воздуха – создание благоприятной среды**

Растворители, такие как ацетон, с водой в качестве промывочной жидкости, требуют, чтобы вода проходила через скруббер только один раз, чтобы добиться эффекта очистки.

#### **Варианты степени очистки**

Давайте рассмотрим случай с HCl и NaOH как промывочной жидкостью. Выберем входные данные:

Поток воздуха	6000 м <sup>3</sup> /ч
Падение давления на наполнителе	145 Па/м
Входная концентрация	2000 мг/м <sup>3</sup>
Поток жидкости	12 м <sup>3</sup> /ч
РН	9,5
При желаемой степени очистки	99 %
Высота наполнителя	2,59 м (принцип. схема на стр. 2)
При желаемой степени очистки	98 %
Высота наполнителя	2,20 м
При желаемой степени очистки	97 %
Высота наполнителя	1,97 м
При желаемой степени очистки	95 %
Высота наполнителя	1,69 м
При желаемой степени очистки	90 %
Высота наполнителя	1,30 м

**Обработка агрессивного воздуха – создание благоприятной среды**

**9 График потока**

Ниже представлен график потока для одноступенчатого вертикального скруббера.

