

И. З. Габбазов, С. В. Рачковский

ПЕРСПЕКТИВЫ ВНЕДРЕНИЯ ВЫСОКОЭФФЕКТИВНЫХ РЕГУЛЯРНЫХ НАСАДОК В ПРОЦЕССАХ ПРОИЗВОДСТВА СК

Ключевые слова: регулярные насадки, кольца Рашига, сероводород, абсорбер.

Построена статическая и динамическая модель процесса щелочной очистки газа от сероводорода в производстве тиокола, с использованием пакета ChemCad. Приведены результаты расчетов существующих и внедряемых насадок. Показано что замена нерегулярной насадки на регулярную позволит улучшить эксплуатационные характеристики установки.

Keywords: regular packing, Raschig ring, hydrogen sulfide, absorber.

Built static and dynamic model of the alkaline scrubbing of hydrogen sulfide in the production of Thiokol, using the package ChemCad. The calculation results of existing and introduced packing. It is shown that the replacement of irregular to regular packing will improve the performance of the installation.

При создании новых производств и техническом перевооружении действующих предприятий необходимо решать ряд задач, связанных с повышением эффективности работы существующего оборудования, уменьшением материалоемкости, габаритных размеров технологических аппаратов и установок, с сокращением сроков их изготовления, монтажа и стоимости, а также с увеличением степени их долговечности, агрегатирования, безопасности, в том числе экологической. Известно большое количество способов интенсификации технологических процессов, протекающих в газовых, жидкостных и газо-жидкостных системах. Одним из перспективных направлений является применение регулярных насадок.

Основными источниками выбросов сероводорода на ОАО "КЗСК" являются: производство полисульфидов, производство ТПМ полимеров, производство тиокола и локальная очистка сточных вод. Сероводород H_2S относится к особо вредному газу, что делает сброс его в атмосферу недопустимым. Плотность сероводорода существенно больше плотности воздуха, что приводит к оседанию сероводорода в нижних слоях газовых объемов, аппаратуры и помещений. Поэтому для его удаления нужна принудительная вентиляция, которая обеспечивается вакуумным насосом, расположенным после абсорбера. Очистка производится в абсорбере с принудительным отсосом газовоздушных смесей из аппаратуры отделения с помощью низконапорных вентиляторов. В качестве абсорбента принят 20-25% раствор едкого натра $NaOH$. Раствор доводится до насыщения, после чего периодически сбрасывается через канализацию на очистительные сооружения предприятия или дальнейшую переработку [1].

На заводе используют насадки кольца Рашига, которые имеют ряд недостатков:

- относительно низкие допустимые нагрузки;
- значительная материалоемкость;
- затруднена работа с загрязненными средами.

Технические характеристики керамических колец Рашига:

- число элементов в 1 м^3 , шт.: 6000...192000;
- удельная поверхность, $\text{м}^2/\text{м}^3$: 90...330;

- свободный объем, $\text{м}^3/\text{м}^3$: 0.76...0.78.

Эти недостатки устраняются при внедрении высокоэффективных регулярных насадок, их основные преимущества [2]:

- малое гидравлическое сопротивление;
- высокая производительность;
- минимальные потери жидкости с газом;
- большой свободный объем;
- высокая прочность;
- самораспределение потоков жидкости и газа.

Технические характеристики регулярных насадок:

- удельная поверхность $\text{м}^2/\text{м}^3$: 135...264;
- удельный вес, $\text{кг}/\text{м}^3$: 270 ... 290;
- свободный объем, %: 80...96;
- удельное сопротивление, мм. вод. ст./м: 50...80.

Регулярные насадки в отличие от нерегулярных характеризуются низким гидравлическим сопротивлением и более высокой пропускной способностью.

Регулярные насадки, изготавливаемые из сетки, перфорированного металлического листа, многослойных сеток и т. д., обеспечивают более однородное, по сравнению с традиционными насадками из колец и седел, распределение жидкости и пара (газа) в колоннах [2].

Для сравнения с используемой насадкой из колец Рашига мы выбрали регулярные насадки Пропака (тип Mellapak).

Наличие специальной структуры из впадин и вершин на поверхности насадок, повышает смачиваемость и однородность распределения, стимулирует дисперсию и регенерацию пленки жидкости и повышают коэффициент массообмена.

Кроме того, благодаря особой форме элементов насадки Пропака увеличивается жесткость ее конструкции. По сравнению с обыкновенными структурированными насадками их эффективность увеличивается на 10-15% и производительность аппарата может быть увеличена до 10%.

Отличительные особенности Mellapak:

- гидравлическое сопротивление одной теоретической ступени разделения 0,3 -1,0 мбар;

- гидравлическое сопротивление при нагрузке 70-80% от скорости захлебывания 0,2 мбар/м;
- минимальная нагрузка по жидкости 0,2 м³/м²ч;
- максимальная нагрузка по жидкости более 200 м³/м²ч.

Благодаря достоинствам и преимуществам структурные насадки Пропак ничем не уступают, а в некотором смысле и превосходят регулярные насадки типа Mellapak, Sepak производства фирмы Zulser Chemtech Ltd и других компаний.

При расчете в ChemCad вводим значения технологических параметров, взятых из технологического регламента процесса: давление: 0.1 мПа; температуры: 10-40°C; расход газа на входе: 57,2 кг/ч; расход поглотителя с содержанием 20-25% NaOH составляет 4400 кг/ч; концентрация сероводорода в газе на входе в абсорбер 2%.

Насадка выполнена из колец Рашига 25x25x3 (засыпаны внавал). Характеристики керамических кольца Рашига 25x25x3 [1]:

- число элементов в 1 м³ составляет 48000;
- удельная поверхность 200 м²/м³;
- свободный объем 0.74;
- объемная масса 530 кг/м³.

Характеристики применяемых веществ [3]:

1. Сероводород H₂S: агрегатное состояние - газ; плотность 1,539 кг/м³; ПДК в воздухе 10 мг/м³; класс опасности- 3; характер токсического воздействия на организм - вызывает расстройство функций нервной системы, потерю сознания судороги, паралич.

2. Раствор NaOH: агрегатное состояние - жидкость; плотность 1525 кг/м³; ПДК 0,5 мг/м³; класс опасности- 2; характер токсического воздействия на организм - поражает кожные покровы, вызывает образование нарывов, язв.

С целью сравнения и выбора типоразмера насадки смоделируем процесс поглощения сероводорода в абсорбере используя пакет ChemCad [4] (Рис. 1). Параметры процесса приняты по технологическому регламенту. Рассмотрен стационарный режим работы аппарата.

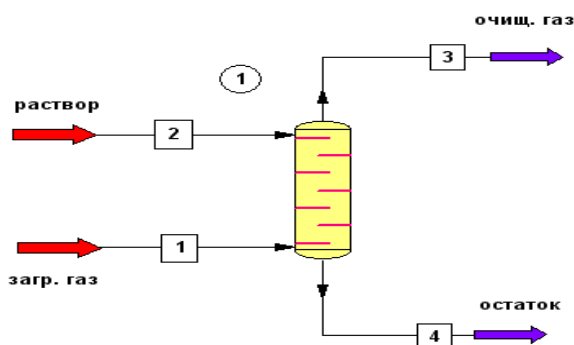


Рис. 1 - Модель процесса очистки сероводорода в ChemCad (статическая модель)

Расчеты были выполнены с использованием термодинамической модели NRTL, предлагаемая ChemCad в автоматическом режиме. Данная электролитическая модель позволяет рассчитывать процесс хемосорбции, который имеет место в данном

случае. Поскольку концентрация сероводорода в отходящем газе мгновенно снижается до допустимого остаточного (ПДК) это свидетельствует о преобладающей роли химической составляющей процесса. При заданном расходе поглотителя сероводород полностью переходит в раствор. В начале была рассмотрена насадка из колец Рашига. Далее расчет был выполнен с использованием структурной насадки Mellapak-250 Y/X [4], имеющей следующие характеристики:

- удельная поверхность 25 м²/м³;
- коэффициент пустот 98.1%;
- гофрированный угол- 45°/60°;
- фактор газовой нагрузки F - 2.6;
- количество теоретических тарелок- 2.5- 3

1/м.

Результаты расчетов абсорбера с высокоэффективной регулярной насадкой Mellapak 250 Y/X и насадкой из колец Рашига приведены в таблице 1.

Таблица 1 - Результаты расчета с двумя видами насадок

Тип насадки	Содержание H ₂ S в 3 потоке, кг/ч	ПДК, кг/ч в расчете на полный расход газа
Кольца Рашига	5.76e-006	4.4e-004
Mellapak 250 Y/X	5.76e-008	

Сравнивая результаты, видим, что использование насадки Mellapak 250 Y/X позволила улучшить качество очистки отходящего газа (поток 3) на два порядка. Таким образом, при необходимости может быть увеличен расход газа подаваемого на очистку.

В реальных условиях процесс поглощения сероводорода протекает в динамическом режиме, поскольку схема процесса периодическая. Исходный раствор щелочи заливается в емкость Е, откуда насосом Н подается на орошение в абсорбер А. В нижнюю часть абсорбера под насадку по технологическому трубопроводу подается загрязненный газ. Колонна работает в противоточном режиме. Очищенный газ сверху колонны выбрасывается в атмосферу. Раствор щелочи снизу колонны самотеком возвращается в емкость Е. В емкости производится постоянный замер концентрации щелочи. Так как щелочь вступает в химическое взаимодействие с сероводородом ее содержание в растворе будет со временем уменьшаться. Как только концентрация достигает 15%, в соответствии с регламентом, процесс останавливается и происходит замена поглотительного раствора на новый. Далее процесс повторяется.

На рис. 2 приведена схема описанного выше процесса построенная в ChemCad.

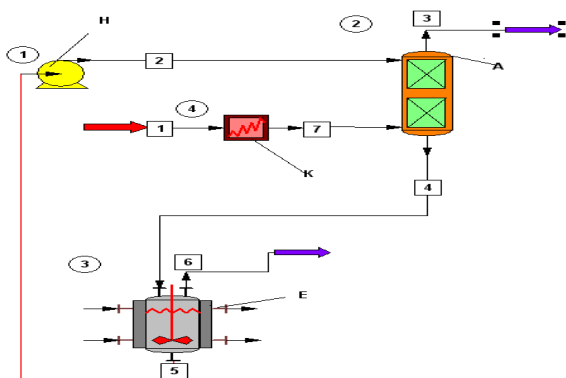


Рис. 2 - Модель динамического режима поглощения сероводорода: А- абсорбер, Н- насос, Е- емкость, К- контроллер времени

При расчете в качестве насадки в абсорбере принята регулярная насадка Mellapak 250 Y/X. Высота насадки равна трем метрам, диаметр абсорбера 630 мм, технологические характеристики потоков приняты такие же, как и в стационарном режиме. Временной расчетный интервал периодического процесса выбирался с учетом регламентного показателя (400-600 часов) и равен 5500 часов. Шаг времени принят равным одной минуте. Расчет выполнялся с учетом реальной гидродинамической структуры потоков в насадке. В качестве контролируемого параметра фиксировалась концентрация сероводорода в очищенном газе (поток 3). В качестве граничного принята концентрация сероводорода равная ПДК.

На рис. 3 показано изменение данной концентрации со временем процесса, а на рис. 4 концентрация раствора в емкости Е, полученная в ходе расчета.

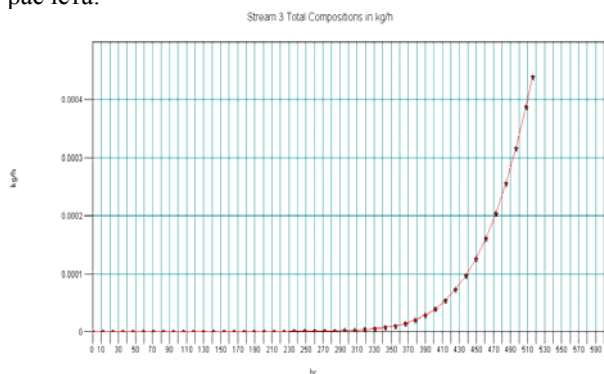


Рис. 3 - Изменение концентрации сероводорода со временем

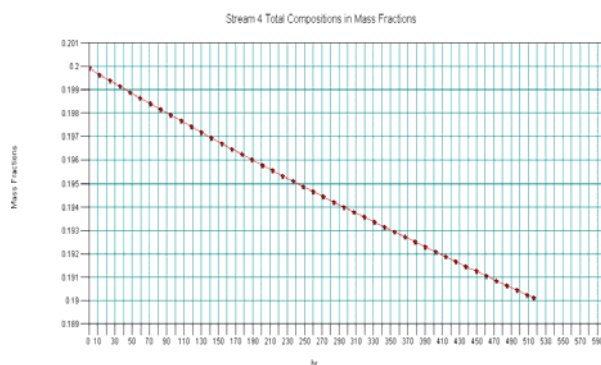


Рис. 4 - Изменение концентрации раствора в емкости Е со временем

Как следует из характера поведения кривой на рис. 4 по истечению примерно 300 часов наступает режим при котором содержание сероводорода в очищаемом газе резко возрастает. Это можно объяснить тем, что происходит насыщение раствора и поглощательная способность резко падает. Поэтому в качестве рабочего режима необходимо принимать интервал времени не превышающий 300 часов.

При этом концентрация поглотителя в емкости снижается только до 19,4%. Следовательно, принятое в регламенте время периодического процесса, определяемое 15% концентрацией раствора в емкости Е не соответствует действительности и должно быть уменьшено до 300 часов.

Таким образом, предложенная модель позволяет более точно определять технологические параметры процесса.

Литература

1. Калимуллин И.Р., Дмитриев А.В. Перспективы использования абсорбентов на основе третичных аминов для повышения эффективности очистки газов в аппаратах высокой пропускной способности. Вестник Казанского технологического университета, 2011, №3, с. 143-146.
2. Тимонин А.С. Основы конструирования и расчета химико-технологического и природоохранного оборудования. Справочник. Том 2. 2-е изд., перераб. и доп. - Калуга: Издательство Н. Бочкаревой, 2002. - 1030 с.
3. Каблуков И.А. Курс лекций неорганической химии, читанных в Московской сельскохозяйственной ордена Ленина академии им. К.А. Тимирязева. М.: ГИКСЛ Сельхозгиз, 1940. - 515 с.
4. Ахмадеева Л.Ф., Москалев Л.Н., Осипов Э.В., Поникаров И.И. Описание модели тепло-массообменного устройства вихревого типа в моделирующем пакете CHEMCAD 5.2. Вестник Казанского технологического университета, 2012, №11, с. 158-163.