

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 газоздушных 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<sup>3</sup>, шт.: 6000...192000; - удельная поверхность, м<sup>2</sup>/м<sup>3</sup>: 90...330; - свободный объем, м<sup>3</sup>/м<sup>3</sup>: 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 м<sup>2</sup>/м<sup>3</sup>: 135...264; - удельный вес, кг/м<sup>3</sup>: 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 Пропак (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 Пропак 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 м<sup>3</sup>/м<sup>2</sup>ч; максимальная нагрузка по жидкости более 200 м<sup>3</sup>/м<sup>2</sup>ч. Благодаря достоинствам и преимуществам структурные насадки Пропак ничем не уступают, а в некотором смысле и превосходят регулярные насадки типа Mellapak, Serapak 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 м<sup>3</sup> составляет 48000; - удельная поверхность 200 м<sup>2</sup>/м<sup>3</sup>; - свободный объем 0.74; - объемная масса 530 кг/м<sup>3</sup>. Характеристики применяемых веществ [3]: 1. Сероводород H<sub>2</sub>S: агрегатное состояние - газ; плотность 1,539 кг/м<sup>3</sup>; ПДК в воздухе 10 мг/м<sup>3</sup>; 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/м<sup>3</sup>; ПДК 0,5 мг/м<sup>3</sup>; 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 м<sup>2</sup>/м<sup>3</sup>; - 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 <sub>2</sub> 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 E, откуда насосом H подается на орошение в абсорбер A. 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 E. 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: A- абсорбер, H- насос, E- емкость, K- 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 E, полученная в ходе расчета. Рис. 3 - Изменение концентрации сероводорода со временем. Рис. 4 - Изменение концентрации раствора в емкости E 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 поглотительная 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.