

## ПОЛУЧЕНИЕ СЕРНОЙ КИСЛОТЫ ИЗ ТЕХНОГЕННОГО СЫРЬЯ НА ТЕРРИТОРИИ РЕСПУБЛИКИ УЗБЕКИСТАН

*Ашуров О.Т., Гашикова В.И.  
УрФУ, ashurov.oybek@mail.ru*

Республика Узбекистан (РУз) занимает четвертое место в мире по запасам золота, седьмое по добыче урана. В этой республике уран добывается по методу подземного выщелачивания, а для процесса выщелачивания необходима серная кислота. На гидрометаллургических заводах используют серную кислоту для отделения золота от цинка. Золотосодержащую руду промывают серной кислотой и получают золото, имеющее 99,99 % мас. Поэтому построено сернокислотное производство с мощностью 500 тыс. т/год на территории РУз.

Серную кислоту получают из различных видов сырья: из серного колчедана (35 %), из серы (46 %), из отходящих газов цветной металлургии (15 %) и из сероводорода (4 %). Наблюдается тенденция увеличения производства серной кислоты из серы.

Гидрометаллургические заводы и месторождения урана в основном находятся на территории Навоийнской области, для уменьшения транспортных расходов построено сернокислотное производство на территории этой области в окрестности города Учкудука, так как большинство заводов расположено недалеко от этого города. В Кашкадарьенской области находится «Мубарекский газоперерабатывающий завод», на котором при очистке кислого газа получают техническую серу как побочный продукт. Производительность газоперерабатывающего завода по сере в год 220 тыс. т. Для получения серной кислоты 500 тыс. т в год требуется 165 тыс. т серы. Расстояние между Учкудуком и Мубарекком около 500 км.

Способы получения серной кислоты из серы различаются видами аппаратов, интенсивными параметрами, видами продукта (олеум, моногидрат, контактная серная кислота 94 % мас.) и видами катализатора (ванадиевый, платиновый).

Наиболее эффективным является контактный способ производства серной кислоты под давлением, так как скорость окисления  $\text{SO}_2$  в  $\text{SO}_3$  будет расти с увеличением давления. Поэтому в РУз получают серную кислоту методом ДК/ДА (двойное контактирование/двойная абсорбция) под давлением, используя пятислойный контактный аппарат, в пятислойном контактном аппарате степень контактирования доходит до 99,7 %. Этот метод позволяет не очищать отходящие газы, так как в них концентрация вредных веществ не превышает ПДК (предельная допустимая концентрация). Технологическая схема приведена на рисунке. На территории РУз высокая потребность в контактной серной кислоте, поэтому в данной технологии предусмотрено получение 94,0 % (мас.), а при необходимости можно получать 98,0 % (мас.) серную кислоту.

На рисунке изображена схема производства серной кислоты из серы, которую получают как вторичный продукт при переработке кислого газа.

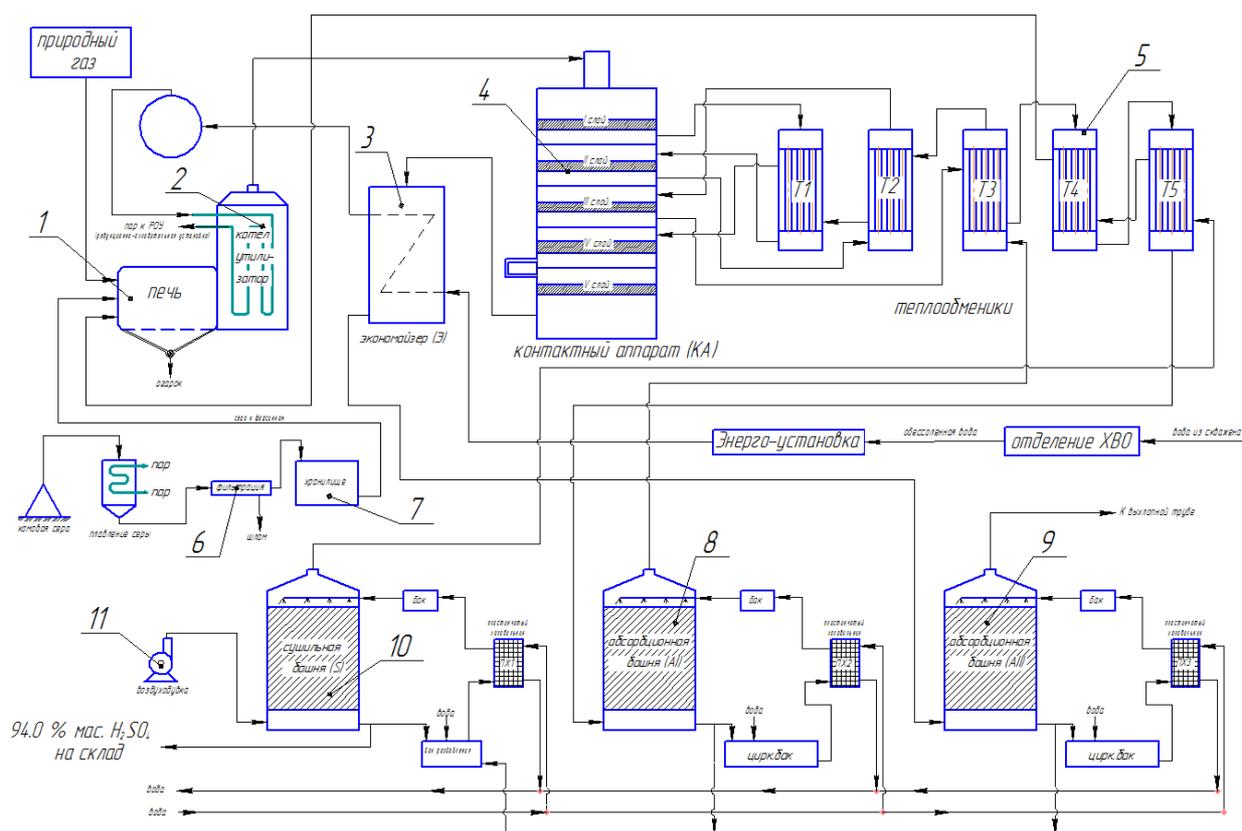


Схема производства серной кислоты из серы по методу ДК/ДА под давлением: 1 – серная печь; 2 – котел-утилизатор; 3 – экономайзер; 4 – контактный аппарат; 5 – теплообменники, 6 – фильтр; 7 – хранилище; 8, 9 – абсорберы; 10 – сушильная башня; 11 – -воздуходувка

Расплавленная сера подается погружным насосом через фильтр 6 в сборник 7, а отсюда вторым погружным насосом – в печь 1, сгорает в токе сухого воздуха. Воздух, предварительно прошедший сушильную башню 10 и теплообменники 5, подается в печь 1 и в контактный аппарат 4. Образующийся при сгорании серы газ при температуре около  $1000^{\circ}$  из печи поступает в котел-утилизатор 2, откуда направляется в первый слой контактной массы. Затем газ проходит первый теплообменник, второй слой контактной массы и второй теплообменник и далее последовательно поступает в третий слой. После третьего слоя газ направляется в абсорбер 8, затем оставшийся газ нагревается в теплообменниках и поступает в четвертый слой контактного аппарата 4, газ проходит четвертый и пятый слои контактной массы. Газ, выходящий из контактного аппарата, охлаждается в экономайзере и направляется в абсорбер 9. Полученная серная кислота из абсорберов направляется в сушильную башню 10 для высушивания влажного воздуха. После сушильной башни полученную 94 % мас. серую кислоту направляют на склад.

Окисление  $\text{SO}_2$  в  $\text{SO}_3$  в обычных условиях протекает крайне медленно. Для ускорения процесса в данной технологии применяют ванадиевый катализатор. Наиболее активным катализатором является платина, однако она вышла из употребления вследствие дороговизны и легкой отравляемости примесями обжигового газа, особенно мышьяком. Ванадиевый катализатор менее активен, чем платиновый, но дешевле и отравляется соединениями мышьяка в несколько

тысяч раз меньше, чем платина; он оказался наиболее рациональным и только он применяется в производстве серной кислоты.

Оптимальные условия осуществления обратимой реакции окисления  $\text{SO}_2$  в  $\text{SO}_3$  могут быть найдены при исследовании влияния следующих параметров.

*Температура.* Высокие степени превращения в экзотермических реакциях достигаются при понижении температуры и ведении процесса в изотермическом режиме. При этом нижняя граница температуры определяется рабочими характеристиками катализаторов. Поскольку изотермический режим невозможен в реакторах со стационарным слоем катализатора, процессы проводят в многосекционных аппаратах с промежуточным охлаждением газовой смеси.

*Стехиометрические соотношения.* Увеличение степени превращения может быть достигнуто при применении избыточного количества кислорода, что однако приводит к увеличению размеров установок и капитальных затрат.

Благодаря усовершенствованию контактного способа производства, себестоимость более чистой и высококонцентрированной контактной серной кислоты не велика. В настоящее время свыше 90 % всей кислоты производится контактным способом.

Достоинства производства  $\text{H}_2\text{SO}_4$  по данной технологии:

- использование техногенного сырья;
- нет отходящих газов, требующих обезвреживания;
- используется безотходное ресурсо- и энергосберегающее современное производство.

## **ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ ПРОВЕРКА ВЛИЯНИЯ КАЧЕСТВА ДОРОЖНОГО ПОКРЫТИЯ НА РАСХОД ТОПЛИВА АВТОМОБИЛЯМИ**

*Берг И.А.*

*УрФУ, berg77777@gmail.com*

Проблемы ресурсосбережения тесно связаны с проблемой защиты окружающей среды, так как продукты сгорания топлива загрязняют окружающую среду и являются опасными для здоровья человека, следовательно, решая проблему сбережения топлива, мы частично решаем и проблемы, связанные с загрязнением окружающей среды.

Рассмотрим один из наиболее популярных и дорогих видов топлива – бензин. Десятки миллионов автомобилей в одной только России сжигают гигантские объёмы этого топлива. По данным экологов, почти 90 % загрязнения воздуха в городах происходит по причине выбросов в атмосферу выхлопов автомобильного транспорта. И это не удивительно, ведь за последние 20 лет количество автомобилей в городах увеличилось в 5–6 раз. Например, в Москве на одну тысячу жителей приходится 350 автомобилей, а в Нью-Йорке – 910 автомобилей [1]. Эти цифры наглядно показывают, значимость экономии топлива. От чего же увеличивается расход топлива?

Причин повышенного расхода топлива много – неправильно отрегулированные или устаревшие двигатели, перегруженный городской трафик, низкий