

УДК 504.3.054

## ОПРЕДЕЛЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ОЧИСТКИ ОТХОДЯЩИХ ГАЗОВ В ЛАБОРАТОРНО-ОПЫТНО-ПРОМЫШЛЕННЫХ ИСПЫТАНИЯХ

**Кунанбеков Танат Канатович**

[tanat.kunanbekov.98@mail.ru](mailto:tanat.kunanbekov.98@mail.ru)

Магистрант 2 курса, специальности 7М05207 – Управление природными ресурсами, ЕНУ им. Л.Н.Гумилева, Нур-Султан, Казахстан  
Научный руководитель – Әділбектегі Г.Ә.

**Аннотация.** На примере ТОО "Казфосфат" проведена оценка эффективности показателей очистки реального печного газа от вредных примесей в результате лабораторно-опытно-промышленных испытаний.

**Ключевые слова:** отходящие газы, соединение фосфора, поглотительные растворы, фосфорный ангидрид.

Нарастающее загрязнение воздушного бассейна Земли примесями, имеющими антропогенную природу, является безотлагательной проблемой всего человечества. Атмосферный воздух является основной средой деятельности биосферы, в том числе человека. Однако по вине человечества ежегодно в атмосферу выбрасывается миллионы тонн оксидов азота, серы, сажа, соединения фосфора, соединения свинца, водяной пар и др.

Основными источниками атмосферных загрязнений являются энергетические установки, в которых используется минеральное топливо, предприятия черной и цветной металлургии, химической и нефтехимической промышленности, автомобильный, авиационный и железнодорожный транспорт. Так, например, в Жамбылской области ТОО "Казфосфат", объединив родственные ему предприятия, производит больше половины всей химической продукции республики и продолжает набирать обороты.

В научной статье рассмотрены результаты исследований эффективности очистки реального печного газа, отобранного в опытно-промышленных установках фосфорных печей № 5,6 ЖФ ТОО «Казфосфат» (НДФЗ)

Целью лабораторно-опытно-промышленных испытаний являлось установление показателей очистки реального печного газа от вредных примесей, предложенными в результате лабораторных исследований поглотительными растворами на основе карбоната натрия, сульфата меди (II), а также адсорбентом - активированный уголь.

Схема заводской лабораторно-опытно-промышленной установки изображена на рисунке 1. Установка была подключена к межцеховому газопроводу отходящего газа из башни холодной конденсации фосфорных печей № 5,6 ЖФ ТОО «Казфосфат» (НДФЗ). После газодувки на межцеховом газопроводе давление газа составляет 5 кПа.

Очистная установка представляет собой металлическую конструкцию из нержавеющей стали абсорбер объемом 4000 мл. Для очистки печного газа используется 5% раствор  $\text{Na}_2\text{CO}_3$ , 25%-безводный раствор  $\text{CuSO}_4$  и активированный уголь.

- Водородный показатель раствора карбоната натрия равен рН-11
- Водородный показатель раствора сульфата меди (II) равен рН-4
- Активированный уголь – из Новой Зеландии марки «Карбон».

Лабораторные испытания проводились на опытно-лабораторной установке абсорбер АПС.

Очистка печного газа производилась по следующей схеме:

- 1-ступень очистки (1 абсорбер): залит 4000 мл 5% раствором  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  для улавливания кислых газов, как  $\text{P}_2\text{O}_5$ ,  $\text{HF}$ ,  $\text{H}_2\text{S}$ .
- 2-ступень очистки (2 абсорбер): залит 4000 мл 25% раствором  $\text{CuSO}_4$  для улавливания  $\text{P}_4$ ,  $\text{PH}_3$ .
- 3 ступень очистки (3 адсорбер): заполнен АУ, весом 10 кг, для дополнительного глубокого улавливания остаточного  $\text{P}_4$ ,  $\text{PH}_3$ .

Поглотительные растворы исследуемых составов готовились путем растворения  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  и  $\text{CuSO}_4$  в химически очищенной воде [1].

На отметке 29,8м, печного отделения НДФЗ, после «холодной конденсации» на общем межцеховом коллекторе печного газа была произведена врезка диаметром трубы 89 мм. Труба подсоединена к абсорберам последовательно по схеме очистки. Для регулирования расхода печного газа, до абсорберов вмонтирован вентиль ДУ 80 мм и для учета расхода печного газа через абсорберы установлен расходомерная шайба.

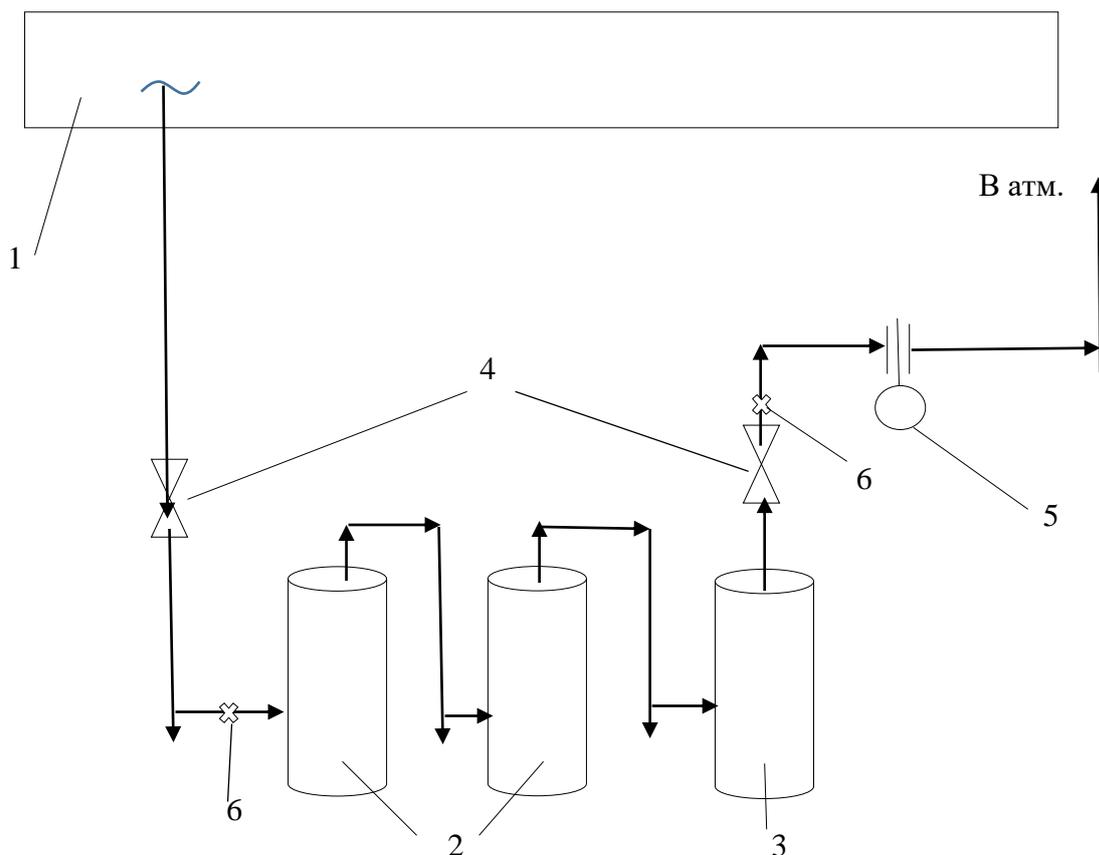


Рисунок 1. Схема лабораторно-опытно-промышленной установки для очистки печного газа [2]

- 1- межцеховой газопровод
- 2- аппарат АПС (в первом раствор  $\text{Na}_2\text{CO}_3$ , во втором раствор  $\text{CuSO}_4$ )
- 3- аппарат адсорбер с активированным углем
- 4- вентиль для регулирования потока газа
- 5- расходомер
- 6- точки отбора (до и после очистки)

Для проведения экспериментов устанавливали заданные режимы, а затем отбирали во времени пробы газа на анализ до и после аппарата АПС.

Существуют многочисленные методы анализа фосфина, сероводорода, фосфора и фосфорного ангидрида. Были выбраны, применительно к лабораторным условиям методы определения концентраций, отличающиеся простотой и достаточной точностью [3].

Содержание фосфина определяли фотоколориметрическим методом с отбором газа в калиброванную пипетку. После предварительного поглощения фосфина в склянке 5% раствором едкого натра фосфин поглощается в склянках, содержащих смесь растворов перманганата калия и серной кислоты. Образующийся фосфат-ион, после обесцвечивания избытка перманганата калия раствором перекиси водорода, определяли фотоколориметрическим методом по синей окраске восстановленной гетерополикислоты.

Метод определения сероводорода основан на поглощении его раствором щелочи, осаждении сульфид-иона ацетоном калия в присутствии уксусной кислоты. К отфильтрованному осадку сульфида калия приливали раствор иода. После растворения осадка избыток йода отфильтровали тиосульфатом натрия в присутствии крахмала в качестве индикатора.

Содержание фосфорного ангидрида после поглощения в растворе щелочи определяли фотоколориметрическим методом по синей окраске восстановленной фосфорномолибденовой кислоты.

Определение концентрации фосфора производили по методу, основанному на поглощении фосфора бензолом с последующим окислением фосфора раствором перманганата калия, подкисленного серной кислотой. Содержание фосфорной кислоты определяли фотоколориметрическим методом по синей окраске восстановленной фосфорномолибденовой гетерополикислоты.

Анализ полученных в результате опытов осадков основан на разложении и окислении образцов царской водкой. Фосфор определяли методом дифференциальной фотоколориметрии желтого фосфорнованадиевомолибденового соединения. Концентрацию меди в растворе измеряли на фотоколориметре ФЭК в кювете 1 см при длине волны 620 нм. Общую серу определяли осаждением сульфата-иона хлоридом бария с дальнейшим взвешиванием осадка. В исследуемых осадках определялась также сульфидная сера известным методом.

Были проведены лабораторные испытания на печах №6 и №5 на отметке 29,8 м после «холодной конденсации» в реальных производственных условиях по очистке печного газа от вредных веществ ( $P_4$ ,  $P_2O_5$ ,  $PH_3$ ,  $HF$ ,  $H_2S$ ).

Экспериментальные работы продолжились с трехступенчатой системой очистки 5% раствором  $Na_2CO_3$ , 25% раствором  $CuSO_4$  и активированным углем «Карбон» (сухим) через абсорберы АПС, установленных последовательно.

Печной газ пропускали через систему очистки с расходом 45-50 м<sup>3</sup>/час. Произвели три последовательных отбора, с интервалом между отборами по 10 минут. Продолжительность одного отбора, согласно методике, составляет 20 минут. Итого пропустили печного газа через систему очистки около 75 м<sup>3</sup>. Результаты испытаний показаны в таблице 1.

Таблица 1. Результаты лабораторных исследований отходящих газов, отобранных с лабораторно-опытно-промышленной установки

Показатели, единицы измерения	НД на метод испытаний	Норма по НД	Результат испытаний
1	2	3	4
1 Фосфорный ангидрид ( $P_2O_5$ ), мг/м <sup>3</sup> (выход)	МВИ №KZ 06.01.00090-2019г.	Не более 431,607	407,471
2 Фосфористый водород ( $PH_3$ ), мг/м <sup>3</sup> (выход)	МВИ №KZ 06.01.00069-2019г.	Не более 3,956	2,413
3 Фтористый водород ( $HF$ ), мг/м <sup>3</sup> (выход)	МВИ №KZ 06.01.00091-2019г.	Не более 31,187	20,711
4 Диоксид серы ( $SO_2$ ), мг/м <sup>3</sup> (выход)	СТ РК 17.0.0.04-2002	Не более 50,354	37,013

Результаты анализов показали эффективность очистки:  $P_4$  – 100%,  $PH_3$  – 99-100%,  $P_2O_5$  – 97%,  $H_2S$  – 100%. Результаты испытаний подтвердили, что лабораторно-опытно-промышленная установка соответствует предъявляемым требованиям постоянного технологического регламента №4 [4].

Подытоживая необходима отметить, что активированный уголь «Карбон» имеет свойство поглощать  $PH_3$ , но не в длительных условиях. Активированный уголь «Карбон» подвергается регенерации острым паром с кислородом и сушкой при температуре 200 °С. Но при определенном времени, то есть при полном насыщении вредными примесями печного газа, активированный уголь перестает реагировать на регенерацию.

Предлагается производить регенерацию активированного угля непосредственно по месту проведения эксперимента. Для чего необходимо смонтировать третью ступень очистки (абсорбер с активированным углем) независимо друг от друга (один абсорбер с активированным углем в работе, второй на регенерации) для непрерывной очистки печного газа.

#### **Список использованных источников**

1. Горючие, тепловые отходы и энергокомбинирование в фосфорной промышленности. М. ОКБЭТхим, 1970, с. 80.
2. Технология фосфора. Под ред. В.А.Ершова и В.Н.Белова, Л., Химия, 1979, 336 с.
3. Электротермическая переработка фосфоритов Каратау. Под ред. В.А.Ершова, Л., Труды ЛенНИИГИПРОХИМ, вып.5, 1982, с. 200.
4. Маркелова Г.К. Постоянный технологический регламент №4 – Тараз, 2012.