

Санакулов К.С., Бахронов Х.Ш., Ахматов А.А.
(Навоийский горно-металлургический комбинат,
Навоийский Государственный горный институт, Узбекистан)

НОВЫЕ ВИХРЕВЫЕ АППАРАТЫ ДЛЯ РЕШЕНИЯ ЭКОЛОГИЧЕСКИХ ПРОБЛЕМ В МЕТАЛЛУРГИИ

В условиях растущей конкуренции современное производство нуждается в инновационных разработках и наукоемких технологиях. Несмотря на большое число имеющихся аппаратов для осуществления очистки газов, тепло- и массообменных процессов, разработка нового, компактного высокоэффективного оборудования представляет большой интерес для многих отраслей промышленности. Дальнейшее совершенствование газоочистного тепло- и массообменного оборудования в системах газ-жидкость связано с возможностью повышения скоростей движения обеих фаз, что приводит к существенному увеличению производительности, развитию поверхности контакта фаз и росту значений коэффициентов тепло- и массообмена, а также с возможностью снижения удельных энергозатрат при росте эффективности работы аппаратов.

Многие технологические процессы предприятий химической и нефтегазовой отраслей промышленности, металлургии сопровождаются образованием пыли и вредных газов, что приводит к загрязнению окружающей воздушной среды вредными технологическими пылегазовоздушными выбросами. Поэтому защита от вредных технологических пылегазовоздушных выбросов атмосферного воздуха, который необходим для жизни людей, животного и растительного мира, а также служит основой многих технологических процессов, является важнейшей экологической проблемой.

В промышленности наибольшее распространение получили аппараты мокрой очистки газов. Аппараты мокрой газоочистки могут обеспечивать довольно высокий уровень очистки газа, сопоставимый с такими высокоэффективными аппаратами как рукавные фильтры и электрофильтры. В настоящее время многие из аппаратов мокрой очистки дымовых газов, работающих на промышленных объектах, не удовлетворяют современным требованиям по защите окружающей среды. Поэтому необходимо повышать эффективность действующих аппаратов путем их реконструкции, а также создавать новые, более эффективные.

Наиболее перспективными являются вихревые аппараты. Закрутка газового потока значительно интенсифицирует процесс отделения

частиц твердой фазы благодаря центробежным силам. В вихревом пылеуловителе сепарация пыли основана на использовании центробежных сил, благодаря которых достигается весьма высокая эффективность очистки – 98-99 % и выше. Аппарат может применяться для очистки газов с температурой до 700°C. В вихревом пылеуловителе не наблюдается износа внутренних стенок аппарата, что связано с особенностями его воздушного режима. Аппарат более компактен, чем другие пылеуловители.

Таким образом, вихревые скрубберы отличаются более высокой эффективностью, меньшим гидравлическим сопротивлением, меньшими габаритами и устойчивой работой при изменении расходов газа и жидкости в широких пределах.

На эксплуатационные характеристики устройств, работающих с закрученными газожидкостными потоками, влияет большое количество факторов, таких как организация закрутки потока, влияние режимных и конструктивных параметров аппарата. Экспериментальные исследования однофазных и тем более двухфазных закрученных потоков осложняется также тем, что турбулентное вихревое течение имеет сложный пространственный характер движения вследствие неравномерности распределения параметров в продольном и поперечном направлениях, а также наличия возвратно-циркуляционных зон. Течение двухфазного потока также осложняется процессами взаимодействия фаз между собой и с ограничивающими поверхностями.

Во всех странах в металлургических производствах актуальной проблемой является очистка отходящих газов от пыли и токсичных веществ. Применение известных традиционных способов и аппаратов не обеспечивает требований современных норм очистки газовых выбросов. Возникла необходимость разработки и внедрения в производство, принципиально новых, высокоэффективных аппаратов для сокращения капитальных и эксплуатационных затрат и эффективной очистки отходящих газов. Основными компонентами в отходящих газах упомянутых производств являются: диоксид серы, оксид углерода, оксиды азота, хлористый водород, сероводород и диоксид углерода.

Исследования механизма и кинетики физико-химических процессов очистки отходящих газов от упомянутых веществ и анализ причин образования газовых выбросов в процессах обжига концентратов позволили сформулировать эффективное научное направление по предотвращению газовых выбросов.

В настоящее время сотрудниками кафедры «Химическая технология» накоплен богатейший опыт в разработке и внедрении в производство перспективных, принципиально новых и компактных вихревых

аппаратов для решения экологических проблем предприятий металлургических, химических и других отраслей промышленности.

Для очистки отходящих газов во многих странах широко распространены насадочные и барботажные колонны и аппараты типа труба Вентури. Основным требованием, предъявляемым к аппаратам газоочистки является не только высокая производительность и эффективность по улову токсичных веществ, но и компактность оборудования, а также минимальный брызгоунос.

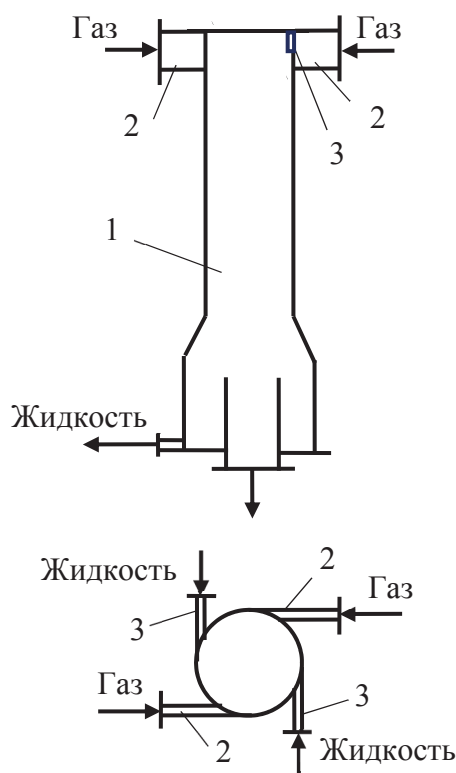
Теоретически предполагают, что количество уносимой жидкости из аппарата должно быть не более 10% от подаваемого количества жидкости. На практике, при больших массовых расходах жидкости и газа, количество уносимой жидкости в традиционных аппаратах газоочистки достигает 30-50%. Такой брызгоунос вынуждает снижать нагрузку на аппараты, увеличивать габариты и число аппаратов и устанавливать дополнительное газоочистное оборудование.

Научные исследования гидродинамических и физико-химических процессов, происходящих при очистки газов от пыли и токсичных газовых веществ, позволили разработать эффективные вихревые абсорберы, как с тангенциальными, так и аксиальными завихрителями. Принцип работы вихревого аппарата заключается в образовании закрученного газожидкостного потока с последующим разделением фаз в поле центробежных сил. Наличие жидкой фазы позволяет осуществить процесс очистки пылегазовоздушных выбросов от крупных и мелких (мелкодисперсных) частиц пыли. Отличительная особенность разработанного аппарата состоит в совмещении в едином энергетическом поле аппарата двух способов очистки газа и охлаждения его.

На рис. 1 представлен прямоточный вихревой аппарат очистки отходящих газов. Вихревой скруббер работает следующим образом. Газовый поток, содержащий обжиговую пыль и газовые примеси, поступает через тангенциальные газоходы 2 в верхнюю часть аппарата. Сюда же подается также рабочая жидкость – известковое молоко по тангенциальным штуцерам 3.

Далее газожидкостной поток приобретает вращательно-поступательное движение. Вихревой высокотурбулизированный газожидкостный поток движется вниз и поступает в сепарационную часть аппарата. При этом происходит улов пыли и газовых примесей из газового потока и охлаждение газа. Далее вращающийся газожидкостный поток входит во внутреннее пространство нижнего кольцевого канала, который образуется между корпусом аппарата и выходной трубой газа. Вследствие образования гидравлического затвора в кольцевом канале газ направляется в центральную выводную патрубку. В пространстве между

корпусом аппарата и выходной трубой газа под действием центробежных сил происходит сепарация газожидкостного потока. Газовый поток, практически не содержащий брызги и капли жидкости отводится через центральный патрубок, а отсепарированная жидкость удаляется через боковой штуцер, установленный в нижней части корпуса. В зависимости от нагрузки аппарата по жидкой фазе выход жидкости может осуществляться через дополнительный переливной штуцер.



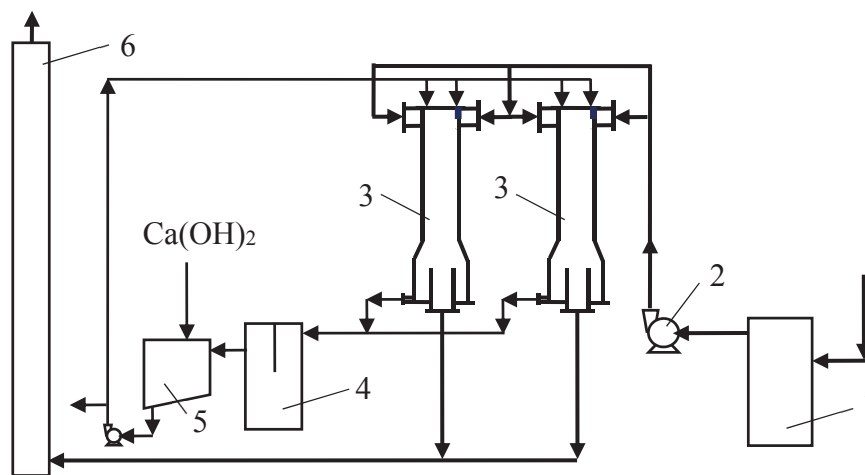
1 – вихревой скруббер; 2 – тангенциальные патрубки газа; 3 – тангенциальные патрубки жидкости; 4 – бункер-сепаратор

Рисунок 1 – Вихревой скруббер

Схема очистки обжигового газа от твердых и газовых примесей представлена на рис. 2. Установка состоит из пылеосадительной камеры 1, вентилятора 2, вихревых скрубберов 3, емкости-отстойника 4 и зумпфа 5. Установка предназначена для улавливания мелкодисперсной пыли и вредных газов, содержащейся в выбросном газе.

Вследствие мокрой очистки происходит также охлаждение выбросного газа. Технологический газ из барабанной печи всасывается центробежным дымососом 2 через пылеосадительную камеру 1, где оседает крупнодисперсная пыль. Далее выбросной газ нагнетается через вихревые скруббера 3 в выхлопную трубу 6. В вихревых скрубберах мокрой очистки 3 происходит очистка газа от твердых и газовых примесей раствором $\text{Ca}(\text{OH})_2$. Отработанное известковое молоко после

скрубберов поступает в зумпф 5 через отстойник 4, где отделяется от твердых частиц. От зумпфа раствор насосом возвращается в скруббера. В зависимости от водородного показателя в зумпф подается свежее известковое молоко. При этом часть отработанного раствора удаляется из системы.



1 – пылесадительная камера; 2 – вентилятор; 3 – вихревые скрубберы; 4 – емкость-отстойник; 5 – зумпф

Рисунок 2 – Схема очистки обжигового газа

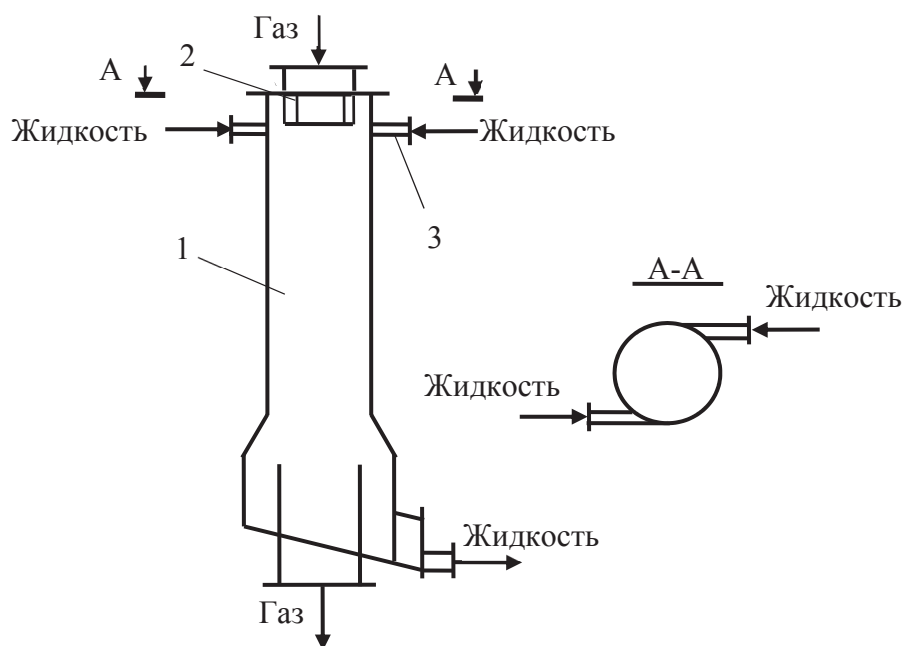
Проведенные промышленные испытания вихревого скруббера с тангенциальными завихрителями показали, что устойчивый режим работы разработанного вихревого аппарата наблюдается при изменении скорости газа в щелях завихрителей в пределах 45-50 м/с.

В результате комплексного анализа установлены рациональные интервалы режимно-конструктивных параметров. Определено, что эффективная работа комбинированного вихревого скруббера при высокой степени улавливания $\eta = 99,99\%$ и небольшом гидравлическом сопротивлении $\Delta P = 800 \div 1200$ Па обеспечивается при коэффициенте крутки $A = w_{\text{ш}}/w = 3$.

Исследование брызгоуноса жидкости проводили методом непосредственного замера количества уносимой жидкости. Относительный брызгоунос жидкости рассчитывался как отношение количества уносимой газовым потоком жидкости, к количеству подаваемой жидкости. На брызгоунос жидкости существенное влияние оказывают расходы газовой и жидкой фаз. Относительный брызгоунос незначителен (не более 2%) при малых скоростях газа в аппарате и начинает возрастать при скорости газа более 20 м/с и при отношениях массового расхода поглотителя к массовому расходу газа $L/G > 3$.

Проведенные испытания показали, что вихревой аппарат работоспособен в широком диапазоне изменения нагрузок по газовой и жидкой фазам, обладает брызгоуносом в допустимых пределах ($\gamma < 0,1$), высокой объемной концентрацией по жидкой фазе и гидравлическим сопротивлением в пределах 1,2 – 2,0 кПа при $w=12-18$ м/с и $L=15-22$ м³/ч.

Внедрены в производство также вихревой аппарат с осевым завихрителем для очистки выхлопных газов от пыли и газовых примесей (рис. 3). На основе промышленных испытаний установлено, что вихревой аппарат с осевым внутренним завихрителем более компактен, удобен с точки зрения монтажа и эксплуатации и не уступает по эффективности вихревым аппаратам с тангенциальными завихрителями.



1 – вихревая камера; 2 – завихритель газа; 3 – завихритель жидкости

Рисунок 3 – Вихревой скруббер

Компактные и высокоэффективные вихревые аппараты рекомендуются нами для внедрения в производство в различных металлургических, химических, нефтегазовых и других предприятиях.

Заключение

1. Разработаны, исследованы и внедрены высокоэффективные вихревые скрубберы мокрой очистки выхлопных газов металлургических производств от пыли и токсичных газов, такие как диоксид углерода, хлористый водород, сероводород и диоксид серы.

2. Найдены оптимальные режимы работы вихревого пылеуловителя, при которых эффективность пылеулавливания достигает 99,9% при минимуме энергозатрат $\Delta P = 1200$ Па.

3. Сравнение эффективности газоочистки насадочного абсорбера и вихревого скруббера, которое проводилось при одинаковой входной концентрации отходящих газов на входе в аппарат, показали, что закрутка потоков газа и жидкости позволяет увеличить производительности абсорбера в 10-15 раза и эффективности в 5-8 раза, по сравнению с аппаратами с осевым, незакрученным газо-жидкостным потоком.

4. Вихревые аппараты для абсорбционной очистки выбросных газов от пыли и газовых примесей, позволяют сократить материалоемкость аппаратов абсорбции газов более чем в 10 раз по сравнению с распространенными насадочными и тарельчатыми аппаратами.

5. Установки мокрой очистки газовых выбросов, укомплектованные вихревыми аппаратами, обеспечивают современные санитарные нормы очистки газов при минимуме капитальных, энергетических и эксплуатационных затрат.

6. Вихревые аппараты для тепло-массообменных процессов, обеспечивают полное высвобождение дорогих и громоздких насадочных и барботажных аппаратов, а также электрофильтров для очистки газовых выбросов.

7. Результаты работ внедрены на предприятиях Государственного предприятия Навойский горно-металлургический комбинат. Достигнута эффективная очистка отходящих газов от пыли и газовых примесей.

УДК 661.683.3+666.189.3

**Терещенко И.М., Войтов И.В., Дормешкин О.Б.,
Кравчук А.П., Жих Б.П.**

(УО «Белорусский государственный технологический университет»,
г. Минск)

СИНТЕЗ РАСТВОРИМЫХ И НЕРАСТВОРИМЫХ СИЛИКАТОВ ЩЕЛОЧНЫХ МЕТАЛЛОВ НА ОСНОВЕ ТЕХНОГЕННОГО КРМЕНЕЗЕМИСТОГО СЫРЬЯ И РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИЙ ПОЛУЧЕНИЯ ПРОДУКТОВ ИЗ НИХ

Как показали исследования, проводимые в условиях БГТУ, кремнегель, являющийся многотоннажным отходом химических производств следует рассматривать как перспективное кремнеземистое