



УДК 66.074

Г. М. КАНЕНКО, канд. техн. наук, **В. Д. МАНТУЛА**, директор НИИ «Энергосталь»
УкрГНТЦ «Энергосталь», г. Харьков

ПЕРСПЕКТИВЫ ПОВЫШЕНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ РАБОТЫ МОКРЫХ ГАЗООЧИСТОК

Проведенный анализ работы мокрых газоочисток, установленных в металлургических производствах, свидетельствует, что улучшение экологических показателей может быть получено путем реконструкции газоочисток с установкой новых конструкций регулируемых труб Вентури, повышения напора, развиваемого нагнетателем, и его установленной мощности.

мокрые газоочистки, трубы Вентури, эффективность

Анализ работы мокрых газоочисток и разработка рекомендаций по оптимизации параметров их работы и снижению выбросов пыли обусловлен тем, что на металлургических предприятиях Украины мокрые газоочистки установлены на большинстве производств (агломерационном, доменном, сталеплавильном). Они составляют до 65 % от общего количества работающих газоочисточных установок.

В агломерационном производстве при основной направленности на сухие методы очистки газа в циклонах и электрофильтрах применяются и системы мокрой очистки газов. Мокрые газоочистки установлены после циклонов и состоят из низконапорных труб Вентури (скрубберов) с каплеуловителями, которые работают при удельных расходах воды 0,05–0,12 л/м³, скорости газа в горловине труб Вентури до 60 м/с, гидравлическом сопротивлении до 150 даПа и при этом не всегда обеспечивают конечную запыленность газа 100 мг/м³. Это объясняется небольшим потенциалом гидравлического сопротивления, остающегося на систему очистки, требованиями технологов к его уменьшению для обеспечения необходимого разрежения в слое аглошхты при неизменной мощности установленных нагнетателей. Для увеличения эффективности пылеулавливания и обеспечения стабильной очистки газов агломерации до конечной запыленности менее 100 мг/м³ необходимо повышение напора, развиваемого нагнетателями, и его мощности. На большинстве газоочисток удаление пыли после сухих циклонов проводится смывом водой, причем расходы воды на смыв существенно выше, чем на аппараты мокрой очистки, что при отсутствии оборотных систем водоснабжения на многих аглофабриках усложняет систему подготовки шламов к утилизации [1].

Для очистки доменного газа применяются только мокрые газоочистки. Наиболее распространена следующая

схема очистки доменного газа: сухой пылеуловитель, скруббер, трубы Вентури с каплеуловителями, дроссельная группа, каплеуловитель. Установка сухого пылеуловителя радиального типа предназначена для предварительной очистки доменного газа от колошниковой пыли фракцией > 80 мкм с эффективностью 50 %. Для повышения эффективности улавливания сухой пыли за радиальным пылеуловителем целесообразным является установка тангенциального пылеуловителя (циклона) как, например, за ДП № 2 Донецкого металлургического завода, где улавливание сухой колошниковой пыли составляет до 77 %. Поскольку сухая колошниковая пыль утилизируется полностью, повышение эффективности ее улавливания приводит к снижению сброса шламов в систему оборотных циклов водоснабжения и уменьшает затраты на их очистку и подготовку к утилизации.

После скруббера при подаваемых на него удельных расходах воды 5,0–6,0 л/м³ достигается охлаждение газа до температуры 50–55 °С, и конечная запыленность составляет 200–400 мг/м³. Повышение скорости газа в скруббере от 0,6–1,0 м/с до 1,5–2,0 м/с приводит к повышению объемных коэффициентов теплообмена, а также позволяет уменьшить его габариты и металлоемкость до 40 %, что важно учитывать при капитальных ремонтах доменных печей. Трубы Вентури, устанавливаемые после скрубберов, работают при гидравлических сопротивлениях 500–1500 даПа, удельном расходе воды 0,5–1,0 л/м³ и обеспечивают конечную запыленность 50–5 мг/м³. При снижении давления доменного газа в дроссельной группе до 0,01 МПа обеспечивается доочистка доменного газа. При установке газовой утилизационной бескомпрессорной турбины (ГУБТ) для достижения конечной запыленности доменного газа 4 мг/м³ при гидравлическом сопротивлении

трубы Вентури 1500–2000 даПа необходимо устанавливать регулирующую трубу Вентури, конструкция которой разработана в УкрГНТЦ «Энергосталь» [2]. При установке ГУБТ для повышения утилизации энергии доменного газа и увеличения выработки электроэнергии целесообразно понижение удельного расхода воды на газоочистку до 4 л/м³ с повышением температуры газа перед ГУБТ до 60–65 °С. Важнейшей проблемой является повышение эффективности очистки газов от технологических агрегатов в сталеплавильном производстве. В настоящее время в конвертерном производстве Украины и России на действующих конвертерах используются только мокрые системы очистки, и они сохранятся в ближайшем будущем. В мартеновском производстве газоочистки мокрого типа составляют около 70 %.

Система газоочистки конвертеров состоит из узла предварительного охлаждения (скруббера) и высоконапорных труб Вентури с каплеуловителями. На конвертерах садкой 160 т, работающих в режиме с полным дожиганием монооксида углерода, в качестве второй ступени очистки зачастую установлены блоки нерегулируемых труб Вентури.

Опыт проектирования и освоения мокрых газоочисток в сталеплавильном производстве, полученный УкрГНТЦ «Энергосталь», свидетельствует, что эффективность очистки газов в конвертерном производстве существенно зависит от соблюдения режимных параметров работы аппаратов и поддержания их на требуемом уровне. Например, газоочистки, смонтированные в период капитальных ремонтов, как правило, обеспечивают эффективность выше, чем старые установки. Однако в достаточной мере короткий промежуток времени при отсутствии требуемого уровня эксплуатации эффективность их снижается.

Системы орошения труб Вентури II ступени требуют для эффективной работы форсунок высокое качество оборотной воды и постоянное надлежащее состояние форсунок, высокую эффективность работы каплеуловителей и ловушек влаги на газоходах, так как повышенный каплеунос не только снижает надежность работы нагнетателей из-за вибрации, но и развиваемый напор, а также производительность. На общий развиваемый напор нагнетателя существенно влияет режим охлаждения газов, так как повышение температуры газов перед нагнетателем на 5–7 °С снижает развиваемый напор почти на 100 даПа. Существенное влияние оказывает состояние гидрозатворов (исключение подсосов) и сопротивление напорной части (многотрубных сопел) на дожигающих устройствах при отводе газов с частичным дожиганием.

Повышение эффективности очистки газа возможно при модернизации системы газоочистки на основании разработок УкрГНТЦ «Энергосталь» с оптимизацией

режимных параметров их работы и заменой блока круглых труб Вентури на прямоугольные регулируемые трубы. При внедрении новой газоочистки за конвертером садкой 160 т на ОАО «Миттал Стил Кривой Рог» получено, что при расходе газа 300 тыс. м³/час, удельном орошении до 1 л/м³, гидравлическом сопротивлении труб Вентури до 1500 даПа конечное пылесодержание снизилось до 100 мг/м³. При увеличении интенсивности продувки кислородом и, соответственно, расхода газа на очистку необходимо увеличение мощности установленных нагнетателей до 2300–2500 кВт. Так, например, на ОАО «Магнитогорский металлургический комбинат» при гидравлическом сопротивлении труб Вентури 2000 даПа достигается конечное пылесодержание 50 мг/м³.

Существенным резервом повышения эффективности газоочисток за конвертерами является модернизация нагнетателей с целью повышения развиваемого ими напора. Возможности существующих нагнетателей, серийно выпускаемых в СНГ, ограничены по напору до величин, обеспечивающих эффективность очистки около 100 мг/м³. Для обеспечения эффективности очистки около 50 мг/м³ требуется увеличение развиваемого напора для существующих нагнетателей типа 7500 и 6500 на 30–40 %. Наиболее простым решением является повышение частоты вращения ротора, однако это требует запасов по прочности ротора и резервов по потребляемой мощности электродвигателя.

В мартеновском производстве системы мокрой очистки газов с трубами Вентури составляют до 70 % всех газоочисток и успешно эксплуатируются при обеспечении проектных параметров по производительности при установленных нагнетателях 6500-11-1, 7500-11-1. Газы после котла-утилизатора направляются на трубы Вентури, каплеуловители. Для подогрева газов на большинстве предприятий перед нагнетателями установлены подтопки; на многих газоотводящих трактах на газоходах в обвод котлов-утилизаторов установлены скрубберы. Эффективная очистка газа до 100 мг/м³ достигается при гидравлическом сопротивлении труб Вентури 800–900 даПа и удельном расходе воды 0,8 л/м³. Применяются батареи круглых труб Вентури в количестве 6–10 штук с орошением через эвольвентные форсунки и прямоугольные регулируемые трубы Вентури на ОАО «Алчевский металлургический комбинат» и ОАО «ММК». Основной особенностью газоотводящих трактов мартеновских печей и двухванных сталеплавильных агрегатов, снижающих их эффективность, является наличие подсосов воздуха в нижней части конструкции печи, боровах и котлах-утилизаторах. Повышение подсосов воздуха в газоотводящем тракте приводит к увеличению неорганизованных



выбросов из завалочных окон, снижению эффективности улавливания пыли на газоочистке. Для повышения эффективности очистки газов от мартеновских печей и двухванных сталеплавильных агрегатов в УкрГНТЦ «Энергосталь» разработана конструкция регулируемой трубы Вентури с форсуночным орошением, которая успешно работает в мартеновском производстве ОАО «Магнитогорский металлургический комбинат».

В электросталеплавильном производстве Украины техническое перевооружение газоочисток идет в направлении замены мокрых газоочисток тканевыми фильтрами. Работающие системы мокрой очистки газов, например, на металлургическом комбинате «Днепропецсталь» морально и физически устарели и не обеспечивают все повышающиеся требования по очистке газов. Повышение эффективности улавливания пыли при реконструкции газоочисток может быть достигнуто при установке регулируемых труб Вентури, увеличении напора, развиваемого нагнетателем, и его мощности.

Общим вопросом, ухудшающим работу мокрых газоочисток всех производств, являются повышенные выбросы капельной влаги и налипание пыли на роторе нагнетателя, что приводит к необходимости его остановки и чистки. Для повышения эксплуатационной надежности работы нагнетателей в УкрГНТЦ «Энергосталь» разработаны конструкции дополнительных ловушек влаги по тракту и перед нагнетателем, а также система смыва отложений пыли с роторов. Серьезной проблемой, ухудшающей работу мокрых газоочисток всех производств, является неудовлетворительное качество оборотной воды, подаваемой на газоочистку, вследствие повышенного содержания взвешенных веществ и соледержания. Отсутствие на многих металлургических предприятиях корпусов обезвоживания шламов приводит к трудностям подготовки их для утилизации. На многих металлургических предприятиях продолжается процесс накопления железосодержащих отходов.

В последние годы наметилась тенденция к увеличению использования накопленных железосодержащих

шламов (содержание $Fe_{\text{общ}}$ – до 50 %) в агломерационной шихте практически без подготовки к утилизации. Перспективным представляется строительство установок по получению брикетов на валковых прессах с добавлением в состав сырьевой смеси сухих отходов: извести, кокса и др. Такие брикеты могут быть использованы в сталеплавильном и доменном производствах, что увеличивает эффективность утилизации всех накопленных отходов.

Анализ работы мокрых газоочисток, установленных в металлургическом производстве, показывает, что улучшение экологических показателей может быть получено при:

- обеспечении газоплотности газоотводящего тракта до газоочисток;
- реконструкции газоочисток с установкой новых конструкций регулируемых труб Вентури;
- установке эффективных каплеуловителей и ловушек по тракту и перед нагнетателем;
- повышении напора, развиваемого нагнетателем, и его установленной мощности;
- обеспечении требуемых параметров оборотной воды;
- утилизации шламов.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Сперкач И. Е. Пути модернизации комплекса сооружений для подготовки к использованию доменного газа // *Сталь*. – 1998. – № 1. – С. 7–11.
2. Сталинский Д. В., Каненко Г. М., Алхасова В. В. Совершенствование работы газоочисток доменного газа // *Металлургическая и горнорудная промышленность*. – 2005. – № 5. – С. 79–81.
3. Каненко Г. М. Очистка конвертерных газов без дожигания CO // *Сталь*. – 2005. – № 12. – С. 82–83.

Поступила в редакцию 20.04.06

Наведений аналіз роботи мокрых газоочисток, установлених на металургійних виробництвах, свідчить, що покращення екологічних показників може бути отримано шляхом реконструкції газоочисток з установкою нових конструкцій регульованих труб Вентури, підвищення напору, що розвиває нагнітач, та його установленної потужності.

Analysis of work of wet gas purifications placed in metallurgical shops has shown that the improvement of ecological parameters can be achieved with the help of reconstruction of gas purifications with installation of new designs of adjustable Venturi tubes, increase of pressure, generated by a supercharger, and its established capacity.