

Д.В. Сталинский, к.т.н., Г.М. Каненко, к.т.н., В.В. Алхасова
УкрГНТЦ «Энергосталь» г. Харьков

ГАЗООЧИСТКА ДОМЕННОЙ ПЕЧИ ПРИ УСТАНОВКЕ ГУБТ

УкрГНТЦ «Энергосталь» является головной организацией Минпромполитики в области защиты воздушного бассейна горно-металлургических предприятий, занимается разработкой и совершенствованием газоочисток всех производств, в том числе и доменных.

Использование энергии доменного газа при работе доменных печей на повышенном давлении газа под колошником оправдано при повышении давления доменного газа от 0,06-0,08 МПа до 0,2-0,25 МПа (изб.). При этом вынос пыли сокращается на 50 %, выработка электроэнергии составляет 1 МВт на 40-50 тыс. м³/ч доменного газа. В настоящее время в Украине не работает ни одна из ранее установленных ГУБТ (газовых утилизационных бескомпрессорных турбин), а в Японии ГУБТ установлены практически на всех доменных печах. В Европе (Германии, Франции, Голландии и др.) на большинстве предприятий применяют турбины радиального типа на холодном влажном газе.

ГУБТ-8 осевого типа, производимая на ОАО «Уральский турбинный завод», была пущена за доменной печью № 3 ($V=2000 \text{ м}^3$) Череповецкого металлургического комбината в 1968 г. и до настоящего времени вырабатывает 35-40 ГВт·ч электроэнергии в год. Типоразмеры ГУБТ – 6, 8, 12 изготавливаются ОАО «Уральским турбинным заводом» для работы как на холодном газе, так и с подогревом газов перед турбиной до 120-140 °С. Новая турбина радиального типа, производимая на АОЗТ «Невский завод», ГУБТ-25 установлена в 2002 г. за доменной печью № 5 ($V=5500 \text{ м}^3$) ОАО «Северсталь». Технологическая схема предусматривает установку в газоотводящем тракте двух быстродействующих плотнокроющих клапанов, которые при работе турбины находятся в закрытом положении.

Выход доменного газа и его параметры: 120-200 м³/м³ объема печи в час, избыточное давление газа на колошнике от 0,06 до 0,25 МПа, температура газа перед очисткой 100-350 °С, запыленность 10-20 г/м³, зависят от конкретных условий работы доменных печей. Запыленность очищенного газа должна составлять 5-10 мг/м³, влагосодержание 50 г/м³, чтобы обеспечить теплотворную способность доменного газа – 900-1000 ккал/м³.

В настоящее время наиболее распространена следующая схема очистки доменного газа: сухой пылеуловитель радиального или центробежного типа – скруббер высокого давления – трубы Вентури с каплеуловителями – ГУБТ – параллельно ГУБТ дроссельная группа, каплеуловитель.

Поскольку на доменных печах Украины не установлены ГУБТ был проведен анализ работы газоочисток ДП № 3, ДП № 5 ОАО «Северсталь», где установлены ГУБТ-8 осевого типа ОАО «Уральский турбинный завод» и ГУБТ-25 радиального типа АОЗТ «Невский завод».

Анализ работы газоочисток показывает, что совершенствование технологической схемы очистки доменного газа с применением ГУБТ необходимо производить при оптимизации конструкций всех аппаратов с учетом параметров охлаждения и очистки доменного газа. Для увеличения улавливания сухой пыли целесообразно применение двух последовательно установленных пылеуловителей: радиального и тангенциального типа, и их суммарный КПД увеличивается от 50-55 % до 80-85 %. Установку дополнительного пылеуловителя целесообразно также производить при работе газоочистки и при отсутствии ГУБТ. Поскольку сухая колошниковая пыль практически полностью утилизируется на всех металлургических заводах, снижение сброса шламов в пруды-накопители после оборотных циклов водоснабжения при отсутствии на многих предприятиях Украины корпусов обезвоживания шламов уменьшит затраты на подготовку их к утилизации.

Анализ работы скрубберов доменных газоочисток показывает, что на большинстве заводов скорость газа в скруббере составляет до 1 м/с, что приводит к увеличению габаритов скруббера и ухудшению процесса теплообмена. На газоочистке доменной печи № 5 объемом 5500 м³ ОАО «Северсталь» скорость газа в скруббере повышена до 1,5 м/с. На газоочистке доменной печи № 9 ОАО «Криворожсталь» скорость газа в скруббере составляет 2,5 м/с ввиду уменьшения давления на колошнике и увеличения расхода газа. На многих заводах не достигается необходимый режим охлаждения газа до 35-40 °С, что приводит к увеличению влагосодержания и снижению теплотворной способности доменного газа.

По результатам испытаний скруббера по проекту УкрГНТЦ «Энергосталь» при гидравлическом сопротивлении скруббера до 100 даПа, скорости газа 1,5 м/с, начальной запыленности 10 г/м³ и оптимизации удельного расхода воды 3-4 л/м³ конечная запыленность газа после скруббера составила 100-200 мг/м³, что подтверждает возможность увеличения скорости газа в скруббере, уменьшение его габаритов и металлоемкости. Металлоемкость скруббера, например, для печи № 3 ОАО «Северсталь» может быть уменьшена с 90 т до 55 т ($\delta=16$ мм). Оптимизация габаритов скруббера и расходов воды может быть применена и на газоочистках без ГУБТ при капремонтах доменных печей.

Трубы Вентури, обычно устанавливаемые после скруббера, обеспечивают охлаждение и очистку газа до конечной запыленности 5-10 мг/м³ при перепаде давления более 1500 даПа. Для оптимизации степени очистки и возможности

регулируемого изменения расхода доменного газа целесообразно устанавливать регулирующую трубу Вентури. Разработанная в УкрГНТЦ «Энергосталь» конструкция регулируемой трубы Вентури была внедрена на Руставском металлургическом заводе за доменной печью № 2. По результатам испытаний при гидравлическом сопротивлении трубы Вентури 1600 даПа и удельном расходе воды $0,5 \text{ л/м}^3$ получены значения конечной запыленности газа 5 мг/м^3 .

УкрГНТЦ «Энергосталь» разрабатывает новые конструкции аппарата очистки, совмещающие в одном аппарате работу высокоскоростного скруббера и регулируемой трубы Вентури типа Пауль-Вюрт и Фест-Альпине. Работа установок утилизации давления доменного газа в Японии и испытания на некоторых отечественных заводах показали, что при работе ГУБТ на холодном газе рациональной является новая технология очистки и охлаждения газа с повышением температуры газа от $40 \text{ }^\circ\text{C}$ до $55\text{-}65 \text{ }^\circ\text{C}$ перед ГУБТ для возможности использования скрытой теплоты парообразования при конденсации водяных паров, что увеличивает мощность, вырабатываемую ГУБТ. Анализ результатов работы газоочисток доменных печей при повышении давления на колошнике до $0,2 \text{ МПа}$ (изб.) и повышении конечной температуры газа перед ГУБТ от $40 \text{ }^\circ\text{C}$ до $65 \text{ }^\circ\text{C}$ показал, что выработка электроэнергии увеличится на 18 %.

Устанавливаемая в газоотводящем тракте дроссельная группа должна быть плотнокроющей, чтобы весь доменный газ направлялся на ГУБТ; при отсутствии надежных конструкций дроссельных групп необходимо дополнительно устанавливать плотнокроющие клапаны.

Таким образом, на газоочистках доменного газа при установке ГУБТ при работе на оптимальном режиме с увеличением скорости газа в сечении скруббера до $1,5\text{-}2,0 \text{ м/с}$ и увеличением температуры газа перед ГУБТ до $60\text{-}65 \text{ }^\circ\text{C}$ может быть достигнуто: уменьшение металлоемкости скруббера на 30-40 %, уменьшение расхода воды на 30-40 %, увеличение выработки электроэнергии на 13-20 %.

Результаты расчета экономической эффективности применения ГУБТ, которая оценивается по годовой экономии приведенных затрат в сопоставлении с вариантом без использования энергии доменного газа показывает, что при температуре $55 \text{ }^\circ\text{C}$ годовая экономия приведенных затрат больше, чем с температурой доменного газа $40 \text{ }^\circ\text{C}$ на 300 тыс. руб. (в ценах 1985 г данные Гипромета).