



Д. В. СТАЛИНСКИЙ, канд. тех. наук, генеральный директор,
Г. М. КАНЕНКО, канд. тех. наук, ведущий научный сотрудник,
В. В. АЛХАСОВА, младший научный сотрудник
 УкрГНТЦ «Энергосталь», г. Харьков

Совершенствование технологической схемы газоочисток доменного газа необходимо производить при оптимизации конструкций отдельных аппаратов и параметров охлаждения и очистки доменного газа. Увеличение количества улавливания сухой колошниковой пыли достигается при установке дополнительного тангенциального пылеуловителя. При оптимизации режимных параметров работы скрубберов по подаче воды и повышению скорости газа в нем уменьшается расход воды на охлаждение газа и снижается металлоемкость, что подтверждается результатами испытаний и проведенными обследованиями. Для улучшения степени очистки и возможности регулирования изменения расхода доменного газа целесообразно устанавливать регулирующую трубу Вентури.

Побочным продуктом доменного процесса является доменный газ, содержащий 10–30 г/м³ пыли, дисперсный и химический состав которой определяется составом и качеством подготовки шихты, давлением газа, содержанием в дутье кислорода, количеством вдуваемых в печь заменителей кокса и др.

Выход доменного газа и его параметры зависят от конкретных условий работы доменных печей и характеризуются [1]:

- удельным выходом газа от 120 до 200 м³/м³ объема печи в час;
- избыточным давлением газа на колошнике от 0,06 до 0,25 МПа;
- температурой газа перед очисткой 100–350 °С;
- содержанием паров воды в газе 20–100 г/м³.

Состав доменного газа: СО – 28,7 %; СО₂ – 16,5 %; Н₂ – 12,1 %; N₂ – 42,7 %.

Химический состав пыли, содержащейся в доменном газе, в %: С – 32,2; SiO₂ – 8,2; FeO – 12,8; Fe₂O₃ – 26,4; Al₂O₃ – 4,7; MnO – 2,7; CaO – 3,6; MgO – 3,8; S – 0,3; K₂CO₃ – 0,36.

Основными потребителями доменного газа являются воздухонагреватели доменных печей и коксовые печи. Для нормальной эксплуатации этих агрегатов запыленность очищенного газа должна составлять 5–10 мг/м³, температура доменного газа – 35–40 °С, влагосодержание – до 50 г/м³.

С целью возможности оптимизации параметров газоочисток УкрГНТЦ «Энергосталь» был проведен анализ ра-

боты газоочисток доменных печей ОАО «Криворожсталь», ОАО «Азовсталь», Макеевского метзавода, работающих без газовых утилизационных бескомпрессорных турбин (ГУБТ). Поскольку на доменных печах Украины отсутствуют ГУБТ, представлены данные по работе газоочисток доменных печей № № 3, 5 меткомбината «Северсталь», работающих с ГУБТ. На работу газоочисток оказывают влияние как конструктивные особенности аппаратов очистки, так и режимные параметры.

Газоочистка доменной печи № 9 ОАО «Криворожсталь» объемом 5000 м³ состоит из сухого пылеуловителя, скруббера Ø 9 м с тремя ярусами орошения эвольвентными форсунками, трех круглых нерегулируемых труб Вентури, двух тангенциальных каплеуловителей, дроссельной группы, каплеуловителя.

Газоочистка доменной печи № 5 Макеевского метзавода объемом 1400 м³ состоит из сухого пылеуловителя Ø 11,5 м, скруббера Ø 7 м, высотой 25,0 м с 4 ярусами орошения эвольвентными форсунками, нерегулируемой трубы Вентури с диаметром горловины 0,57 м, имеющей байпас с дросселем для пропуска расхода газа при переходе на пониженное давление, дроссельной группы, тангенциального каплеуловителя Ø 3,2 м.

Газоочистка доменной печи № 3 меткомбината ОАО «Азовсталь» объемом 1800 м³ состоит из сухого пылеуловителя, скруббера с 4 ярусами орошения, оснащенного эвольвентными форсунками, дроссельной группы и тангенциального каплеуловителя. На газоочистку подается морская вода с температурой 20 °С.

Газоочистка доменной печи №3 объемом 2000 м³ ОАО «Северсталь» состоит из тангенциального пылеуловителя с отсекающим клапаном, скруббера, двух труб Вентури, ГУБТ-8 и установленной параллельно ГУБТ дроссельной группы. Скруббер имеет Ø 8,5 м и высоту 30 м, система орошения состоит из четырех ярусов, которые снабжены эвольвентными форсунками, после скруббера установлены две нерегулируемые трубы Вентури диаметром горловины 0,62 м, на второй трубе Вентури установлен регулирующий дроссель Ø 1,6 м. После труб Вентури установлена ГУБТ-8, работающая с подогревом газов перед ней до температуры 120 °С.

Газоочистка ДП №5 объемом 5500 м³ ОАО «Северсталь» состоит из тангенциального пылеуловителя, скруббера, труб Вентури с каплеуловителями, ГУБТ-25, параллельно ГУБТ установлена дроссельная группа, каплеуловитель. Скруббер имеет Ø 9 м и высоту 27 м, система орошения скруббера состоит из трех ярусов, снабженных эвольвентными форсунками, после скруббера установлены три регулируемые трубы Вентури с обтекателями. После труб Вентури расположены три каплеуловителя Ø 3,6 м, Н = 21 м. После каплеуловителя газ направляется в ГУБТ-25, работающую без подогрева с температурой до 55 °С.

Параметры работы доменных газоочисток представлены в таблице 1, расходы газа даны в м³/ч при нормальных условиях. Анализ показывает, что на большинстве газоочисток доменных печей используется традиционная схема газоочистки с подачей высоких до 5,0–6,0 л/м³ удельных расходов воды, охлаждением газа до 40–42 °С и очисткой до 5–20 мг/м³ перед подачей в сеть доменного газа. Более низкие удельные расходы воды на газоочистку ~ 4,0 л/м³ достигнуты на доменных печах

меткомбината «Азовсталь», где на газоочистку подается морская вода с температурой 20 °С, и на газоочистке доменной печи №5 меткомбината «Северсталь» при необходимости повышения температуры газа перед ГУБТ.

Рассмотрим работу отдельных аппаратов очистки для выбора оптимальных параметров.

Установка сухого пылеуловителя радиального (тангенциального) типа предназначена для предварительной очистки доменного газа от пыли, в нем улавливается пыль фракции >80 мкм с эффективностью улавливания пыли 50–60 %. Возможность увеличения улавливания сухой пыли достигается при применении двух последовательно установленных пылеуловителей: радиального и тангенциального (фирмы Бишофф, Вюрт, Лурги и др.). Их суммарный КПД увеличивается до 80–85 %, а диапазон по гранулометрическому составу охватывает фракции >50 мкм. Сухие тангенциальные пылеуловители после радиальных ранее были установлены на некоторых заводах СНГ, но от них отказались при повышении степени очистки доменного газа вследствие установки труб Вентури вместо электрофильтров. Повышение эффективности улавливания сухой колошниковой пыли с 50 % до 80 % приведет к соответствующему уменьшению количества пыли в шламах. Поскольку сухая колошниковая пыль 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.

Установка скруббера высокого давления преследует две цели: охлаждение газа и улавливание крупной пыли. После скруббера при подаваемых на него удельных рас-

Таблица 1.

Параметры работы газоочисток доменных печей

№ /№	Наименование параметров	Един. изм.	ДП № 3 Азовсталь	ДП № 5 Макеевского метзавода	ДП № 9 Криворож- сталь	ДП № 3 Северсталь	ДП № 5 Северсталь
1.	Объем доменной печи	м ³	1800	1400	5000	2000	5500
2.	Давление доменного газа	МПа	0,13	0,1	0,07	0,2	0,23
3.	Расход доменного газа	тыс. м ³ /ч	280	180	800	320	800
4.	Температура доменного газа	°С	280	240	120	200	200
5.	Расход воды: ▪ на скруббер ▪ на трубы Вентури ▪ на дроссельную группу	м ³ /ч	1030 – 50	940 80 70	3600 200 100	1500 300	2600 600
6.	Температура газа после газоочистки	°С	25	42	42	35	40



ходах воды 3,5–5,0 л/м³ достигается охлаждение газа до 50–60 °С и очистка газа до 200–600 мг/м³.

По ранее принятым нормам проектирования диаметр скруббера и его габариты определяются на основании параметров доменного газа, исходя из расчетной скорости газа, равной 1,5 м/с, при работе на низком давлении – в рабочем режиме скорость газа в 1,5–2 раза ниже. По результатам обследования скорость газа в скруббере на большинстве доменных печей составляет 0,4–0,9 м/с, при этом получаются завышенные размеры скруббера Ø 9 м и высотой 40 м. Только на газоочистках доменных печей объемом 5000 м³, введенных в эксплуатацию позднее, скорость газа в скруббере повышена до 1,5–2,0 м/с. Это же подтверждает опыт эксплуатации газоочистки на Магнитогорском меткомбинате [2]. Очистка и охлаждение газа улучшаются, если скорость газа в рабочем режиме повысить до 2,0 м/с, а время пребывания газа в скруббере уменьшить до 10 сек.

УкрГНТЦ «Энергосталь» на Руставском метзаводе за доменной печью № 2 объемом 1030 м³ [3] были проведены испытания скруббера Ø 4 м и высотой 20 м с четырьмя ярусами орошения при скорости газа 1,5–2,0 м/с, и были достигнуты повышенные значения объемных коэффициентов теплообмена 1300 ккал/м³·ч·град, в то время как на скрубберах со скоростью газа в поперечном сечении до 1,0 м/с значение объемного коэффициента теплообмена составляет до 500 ккал/м³·ч·град [4]. Об эффективном теплообмене говорит тот факт, что температура уходящей воды на 3–5 °С выше, чем температура уходящего газа. Большой интерес представляют проведенные УкрГНТЦ «Энергосталь» исследования по определению эффективности охлаждения газа в скруббере в зависимости от способа подачи воды на различные ярусы орошения. Исследования показали, что отключение системы орошения 1 и 2 ярусов (по ходу газа) не оказывает влияния на режимы охлаждения при сохранении общего удельного расхода воды на скруббер. Как показал анализ работы скрубберов по охлаждению газов, требуется также совершенствование режима охлаждения воды в градирнях, особенно вентиляторных, что позволит снизить расход воды, подаваемой на скруббер.

По результатам испытаний скруббера на Руставском метзаводе при гидравлическом сопротивлении скруббера до 100 даПа, начальной запыленности 10 г/м³ и удельном расходе воды 3–4 л/м³ конечная запыленность газа после скруббера составила 100–200 мг/м³, что подтверждает возможность увеличения скорости газа в скруббере, уменьшения его габаритов и металлоемкости. Таким образом, при оптимизации режимных параметров работы скрубберов возможно повышение скорости газа в нем и уменьшение расходов воды на охлаждение газа.

Трубы Вентури, обычно устанавливаемые после скруббера, обеспечивают охлаждение и очистку газа до конечной концентрации пыли 5–100 мг/м³ при перепаде давления от 500 даПа до 1500 даПа. В настоящее время на большинстве газоочисток применяют трубы Вентури круглого сечения с подачей воды через эвольвентные форсунки.

Для оптимизации степени очистки и возможности регулирования изменения расхода доменного газа при переходе на пониженное давление под колошником целесообразно устанавливать регулирующую трубу Вентури. Разработанная в УкрГНТЦ «Энергосталь» конструкция регулируемой трубы Вентури прошла успешные испытания на Руставском метзаводе за доменной печью № 2 [3]. Особенностью конструкции трубы Вентури является наличие внутри горловины регулируемого конуса. При этом орошение горловины трубы Вентури осуществляется эвольвентными форсунками, расположенными в конфузоре трубы Вентури и кольцевом зазоре. По результатам испытаний при гидравлическом сопротивлении трубы Вентури 1600–1800 даПа и удельном расходе воды 0,5 л/м³ получены значения конечной запыленности газа 5 мг/м³.

Преимуществами очистки газа в трубах Вентури являются: высокая степень очистки, компактность и небольшие габариты труб. При повышении степени очистки газа в трубах Вентури уменьшается запыленность газа перед дроссельной группой и ее износ.

Основное назначение дроссельной группы – поддержание и регулирование давления газа на колошнике доменной печи. Снижая давление газа до 0,01 МПа (давление в сети), дроссельная группа, орошаемая водой, обеспечивает доочистку доменного газа до концентрации пыли 5 мг/м³.

Для улавливания влаги в доменном газе после труб Вентури и дроссельных групп применяют тангенциальные каплеуловители, в которых достигается достаточный сепарационный эффект.

Таким образом, при оптимизации конструкций и режимов работы аппаратов на существующих газоочистках доменных печей Украины, работающих без ГУБТ, можно достигнуть:

- увеличения количества улавливания сухой колошниковой пыли от 50–60 % до 80 % за счет установки дополнительного тангенциального пылеуловителя;
- уменьшения расходов воды на скруббер за счет совершенствования системы орошения скруббера и улучшения режимов работы градирен;
- уменьшения габаритов и металлоемкости скруббера за счет увеличения скорости газа в нем;
- улучшения эффективности пылеулавливания, снижения запыленности газа за счет установки регу-

лируемых труб Вентури, при этом также повысится эксплуатационная надежность работы дроссельной группы.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Райтман Л. Н., Грач Р. Ф., Каненко Г. М. Очистка доменного газа // Обзорная информация. – М.: Черметинформация, 1975. – Сер. 14. – Вып. 1. – 16 с.
2. Шнякин А. И., Ермолаев В. Н. К вопросу о технологии очистки доменного газа и конструкции скрубберов // Сталь. – 1963. – № 2. – С. 176–178.
3. Внедрение газоочистки доменной печи со скоростным скруббером и регулирующими трубами Вентури: Отчет о НИР /ВНИПИЧерметэнергоочистка; Руководитель Ю. К. Ларин. – № ГР 80011021; Инв. № 03.82.9.002534. – Харьков, 1981. – 37 с.
4. Вальдберг А. Ю., Дубинская Ф. Е. Охлаждение газов в мокрых пылеуловителях. – М.: ЦНИИТЭнефтехим, 1971. – 58 с.