

ОСОБЕННОСТИ КОМПЛЕКСА ГАЗООЧИСТКИ КИСЛОРОДНОГО КОНВЕРТЕРА КАК ОБЪЕКТА АВТОМАТИЗАЦИИ

Богданов А.Ю., студ.; Федюн Р.В., доц., к.т.н., доц.

(ГОУ ВПО «Донецкий национальный технический университет», г. Донецк, ДНР)

Конвертерное производство стали является достаточно неэкологичным, что связано с выбросами в атмосферу вредных веществ. При выплавке стали кислородно-конвертерным способом образуется конвертерный газ, составляющими которого являются оксид углерода (СО) и мелкодисперсная пыль. Оксид углерода является ядовитым, легковоспламеняющимся и взрывоопасным газом, а мелкодисперсная металлическая пыль оказывает вредное воздействие на систему дыхания живых организмов.

Температура газа на выходе из горловины конвертера колеблется в пределах 1400-1800⁰С. Количество газов изменяется по ходу плавки и зависит от режима кислородной продувки, конструкции фурмы, типа присадок и перерабатываемых чугунов. Расход газов определяется по количеству кислорода и скорости обезуглероживания и составляет в среднем 60-80 м³ на 1 т садки. При выходе одного до 90% это составляет 70-90 м³ на 1 т стали. Количество тепла, выносимого с газами в газоотводящий тракт, находится в пределах 1100-1250 МДж на 1 т стали. Запыленность газов очень высока и в среднем достигает 250 г/м³, причем основная доля частиц имеет размер до 1 мкм. Пыль, составляющая до 1,5% от массы металлической шихты конвертера, содержит массовой доли железа 55-60% и может быть использована на агломерационной фабрике. Требования защиты окружающей среды и возможность утилизации пыли приводят к необходимости обязательной очистки газа [1,2].

Технологическая схема газоотводящего тракта кислородного конвертера металлургического завода приведена на рис.1.

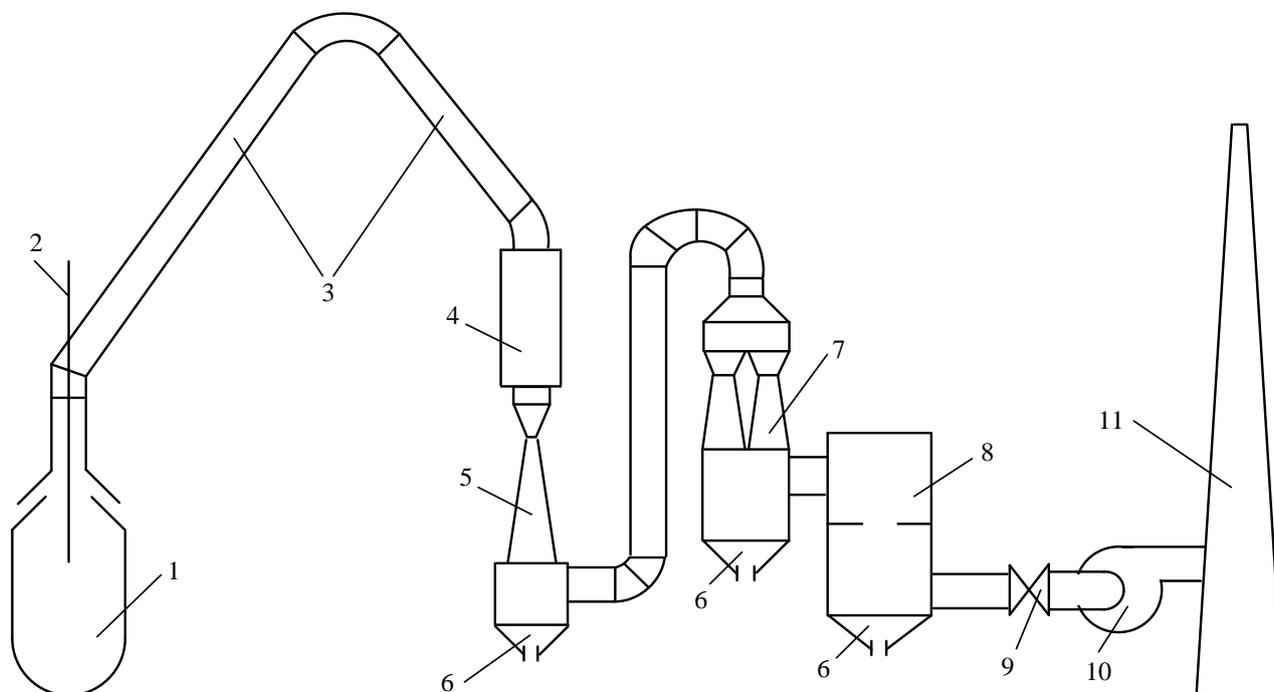


Рисунок 1 – Газоотводящий тракт кислородного конвертера (1 – конвертер; 2 – подача кислорода; 3 – котел ОКГ; 4 – узел предварительного охлаждения; 5 – труба Вентури I-ступени; 6 – отвод шламовой воды; 7 – трубы Вентури II-ступени; 8 – двухъярусный каплеуловитель; 9 – дроссель-регулятор; 10 – дымосос; 11 – дымоходная труба)

Котел-охладитель 3 устанавливается между конвертером 1 и комплексом газоочистки. Комплекс газоочистки устанавливается по ходу газов после котла-охладителя 3 и служит для «мокрой» очистки конвертерных газов до санитарных норм и охлаждения их перед поступлением в дымосос 10 до $t = 60^{\circ}\text{C}$. Узел предварительного охлаждения 4 комплекса газоочистки расположен непосредственно за опускным газоходом котла-охладителя 3. Во время продувки плавки в него поступают запыленные отходящие газы с температурой $800-1000^{\circ}\text{C}$. За счет испарения воды, подаваемой на орошение газового потока и, в значительно меньшей мере, за счет дальнейшей конденсации водяных паров, в узле предварительного охлаждения температура 4 газов снижается до $300-400^{\circ}\text{C}$, а пыль увлажняется и сепарируется в виде шлама, который отсасывается при помощи насосов через устройства 6. Подача воды на охлаждение стенок узла осуществляется из кольцевого коллектора периферийного орошения трубы Вентури I ступени 5.

Газоочистка состоит из двух ступеней пылеулавливания – труб Вентури I-ступени 5 и II-ступени 7, а также каплеуловителя с лопастным завихрителем 8. Труба Вентури первой ступени 5 обеспечивает очистку конвертерных газов до санитарных норм и поддерживает заданное давление входа и выхода дымовых газов в кессон котла-охладителя [3,5].

Транспортирование дымовых газов по тракту обеспечивается центробежным дымососом 10 с асинхронным двигателем переменного тока. Дымососы расположены в отдельно стоящем здании дымососного отделения. Каждый нагнетатель устанавливается в изолированном помещении машзала, категории взрывобезопасности В-1а.

Отсутствие технической возможности очистки от пыли отходящих высокотемпературных газов обусловило разделение системы отвода газов на два самостоятельных участка: участок охлаждения и участок очистки [2,3].

В отходящих из кислородных конвертеров газах содержится до 250 г/м^3 пыли (в основном оксидов железа). Пыль, которая выносится из конвертера, в зависимости от способа охлаждения конвертерных газов имеет различный химический и фракционный состав. Комплекс газоочистки должен обеспечить снижение содержания пыли независимо от способа отвода и охлаждения конвертерных газов, выбрасываемых в атмосферу в соответствии с требованиями санитарных норм до $0,01 \text{ г/м}^3$ [2,5].

В настоящее время в металлургической промышленности существует большое разнообразие систем, комплексов и конструкций газоочистных аппаратов. Их объединяют в три большие группы по способам очистки: сухая, влажная и электроочистка [1,2].

Применение тканевых фильтров (сухая газоочистка) требует установки дорогостоящего оборудования и специальных материалов.

Использование электрофильтров (электроочистка) при всех их достоинствах осложняется взрывоопасностью в связи с необходимостью тщательного регулирования скорости, температуры и влажности дымового потока.

Основой принципа работы мокрой газоочистки является укрупнение частиц пыли за счет увлажнения и вывода их из газового потока за счет неоднократной смены направления и скорости движения газов. Комплекс мокрой газоочистки является многоступенчатым и включает последовательно расположенные аппараты для очистки пыли (скрубберы Вентури) и аппараты для отделения влаги (каплеулавливатели различной конструкции). Основным элементом таких комплексов газоочистки являются трубы Вентури, которые предназначены для увеличения скорости газа, дробления, перемешивания воды с газом, смачивания частиц пыли и их коагуляции. В газоочистных аппаратах используются так называемые малые трубы Вентури с круглым сечением горловины или большие трубы Вентури, имеющих круглое или прямоугольное сечение горловины [3,5].

Скруббер Вентури включает трубу Вентури и прямоточный циклон. На рис.2 показана классическая конфигурация скруббера Вентури.

Скруббер Вентури состоит из трех секций: секции сужения (верхняя часть), небольшой горловины, и секции расширения (нижняя часть) [3,5]. Входной поток газа поступает в секцию сужения, и по мере того, как площадь поперечного сечения потока уменьшается,

скорость газа увеличивается. В то же время, по подводящим патрубкам сбоку к горловине секции поступает жидкость (вода).

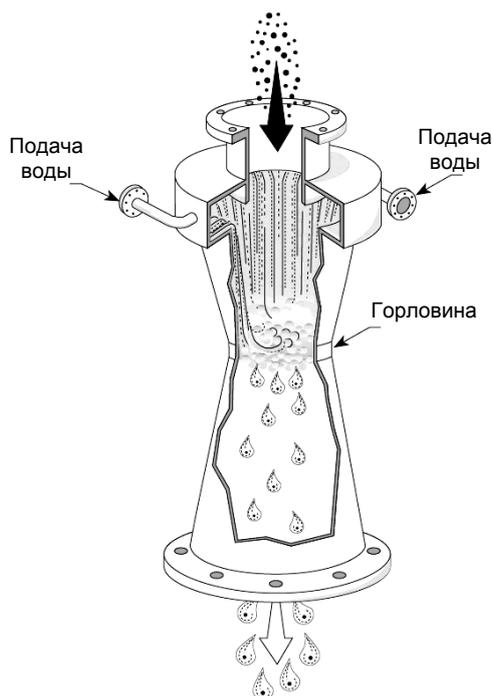


Рисунок 2 – Схема скруббера Вентури

Поскольку газ вынужден двигаться с очень большими скоростями в небольшой горловине, то здесь наблюдается большая турбулентность потока газа. Эта турбулентность разбивает поток жидкости на большое количество очень мелких капель. Пыль, содержащаяся в газе, оседает на поверхности этих капель. Покидая горловину, газ, перемешанный с облачком мелких капель жидкости, переходит в расширяющуюся часть секции, где скорость газа уменьшается, соответственно уменьшается турбулентность и вследствие этого капли собираются в большие по размеру. На выходе из скруббера капли жидкости с адсорбированными на них частицами пыли отделяются от потока газа.

Существующий комплекс очистки конвертерных газов является только автоматизированным с дистанционным управлением, то есть диспетчеры с помощью пульта управления регулируют степень открытия заслонок для изменения подачи в трубы Вентури воды и изменения сечения горловины труб Вентури в зависимости от расхода конвертерных газов. Это приводит, во-первых, к периодическому перерасходу воды на газоочистку, а во-вторых, к периодическому нарушению санитарных норм по концентрации мелкодисперсной пыли в очищенных газах.

В результате анализа комплекса газоочистки кислородного конвертера как объекта автоматического управления получена схема его материальных потоков и информационных переменных, которая приведена на рис.3.

Информационные переменные, характеризующие процесс газоочистки (рис.3):

$S_{КГ}$ - концентрация пыли в газе на входе комплекса газоочистки;

$S_{КГ1}$, $S_{КГ2}$ - концентрация пыли в газе на выходе 1-й и 2-й ступеней комплекса газоочистки;

$F_{В1}$, $F_{В2}$ - расход воды в 1-й и 2-й ступенях комплекса газоочистки;

$F_{КГ}$, $F_{КГ1}$ - расход газа на входе в 1-й и 2-й ступеней комплекса газоочистки;

$V_{КГ1}$, $V_{КГ2}$ - скорость потоков газа в 1-й и 2-й ступенях комплекса газоочистки.

С учетом проведенного выше анализа особенностей комплекса газоочистки кислородного конвертера, получена схема (рисунок 4) основных каналов управления и взаимосвязи параметров в данном объекте, которая представляет собой последовательное соединение скрубберов Вентури первой и второй ступеней комплекса газоочистки.

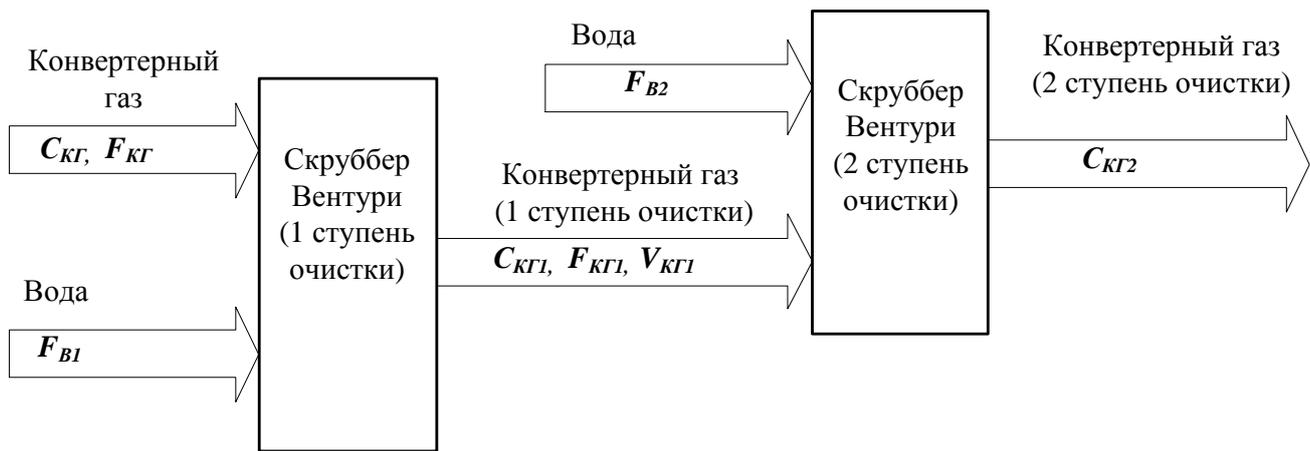


Рисунок 3 – Схема материальных потоков и информационных переменных комплекса газоочистки

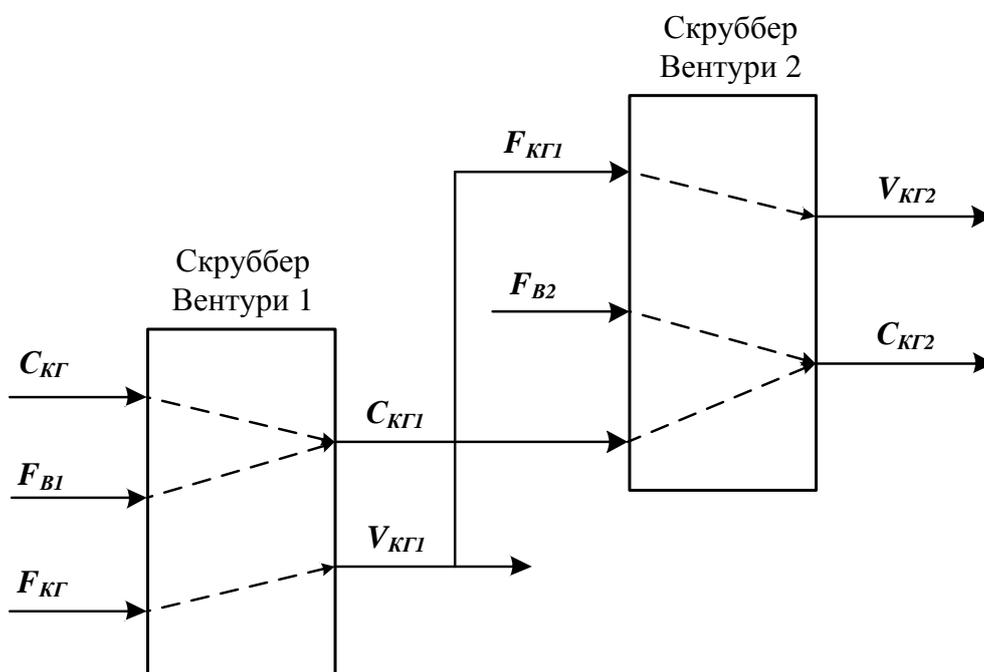


Рисунок 4 – Структура комплекса газоочистки как объекта автоматизации

Управляемыми переменными, характеризующими комплекс газоочистки конвертерного цеха, являются: концентрация пыли в газе на выходе 1-й и 2-й ступеней комплекса газоочистки $C_{КГ1}$, $C_{КГ2}$; скорость потоков газа в 1-й и 2-й ступенях комплекса газоочистки $V_{КГ1}$, $V_{КГ2}$ (рис.4).

Управляющими воздействиями, позволяющими необходимым образом изменять режим работы элементов комплекса газоочистки, являются: расход воды в 1-й и 2-й ступенях комплекса газоочистки $F_{В1}$, $F_{В2}$; расход газа на входе в 1-й и 2-й ступеней комплекса газоочистки $F_{КГ}$, $F_{КГ1}$ (рис.4).

Реализация разрабатываемой САУ комплексом газоочистки предлагается по принципу обратной связи по основным управляемым переменным - концентрации пыли в конвертерном газе на выходе соответствующего скруббера комплекса газоочистки и скорости потока газа в соответствующем скруббере комплекса газоочистки (рис.5).

Как следует из схемы концепции построения САУ (рис.5), в каждой ступени газоочистки присутствуют два контура управления: 1-й (основной) - контур управления концентрацией пыли в конвертерном газе, который реализуется посредством изменения расхода воды, подаваемой в скруббер соответствующей ступени газоочистки, и 2-й - контур

управления скоростью потока газа в каждом из скрубберов Вентури в зависимости от расхода конвертерных газов, поступающих в каждую ступень газоочистки.

Второй контур является достаточно простым и реализуется путем соответствующего изменения сечения горловин труб Вентури в зависимости от изменения расхода конвертерного газа.

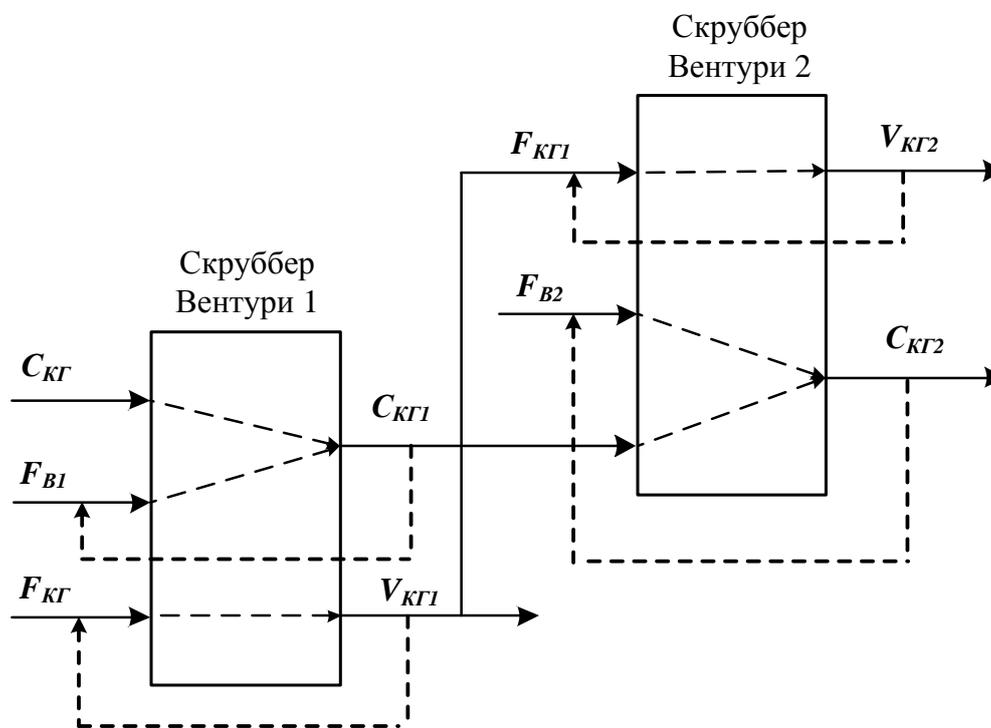


Рисунок 5 – Схема концепции построения САУ

Таким образом, в данной работе выполнен анализ комплекса газоочистки кислородного конвертера с точки зрения автоматического управления ним. На основании проведенного анализа сформулированы требования к функциональным возможностям разрабатываемой САУ комплексом газоочистки. На основании выполненного анализа особенностей рассматриваемого технологического процесса «мокрой» газоочистки было решено использовать принцип обратной связи, как наиболее подходящий для решения поставленной задачи автоматизации.

Предложенная концепция реализации разрабатываемой САУ комплексом газоочистки позволила выделить основные контуры управления. Внедрение предложенной концепции разработки САУ позволит повысить точность поддержания рассматриваемых параметров – соответствующих концентраций пыли в конвертерном газе и скорости потока конвертерного газа; что в свою очередь приведет к повышению надежности и экологичности, снижению эксплуатационных затрат рассматриваемого комплекса газоочистки.

Перечень ссылок

1. Старк, С. Б. Пылеулавливание и очистка газов в металлургии / С.Б. Старк. – Москва : «Металлургия», 1977г. – 328 с.
2. Юдашкин, М. Я. Пылеулавливание и очистка газов в черной металлургии. / М. Я. Юдашкин. - Москва : «Металлургия», 1984г. – 291 с.
3. Старк, С. Б. Газоочистные аппараты и установки в металлургическом производстве / С. Б. Старк. – Москва : «Металлургия», 1990г. – 201 с.
4. Алиев, Г. М. Техника пылеулавливания и очистки промышленных газов. Справочник. / Г. М. Алиев. – Москва : «Металлургия», 1986г. – 367 с.
5. Зиганшин, М. Н. Проектирование аппаратов пылегазоочистки. / М. Н. Зиганшин. - Экопресс ЗМ, 1989 г. – 312 с.