



УСОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ И РЕКОНСТРУКЦИЯ МОКРЫХ ГАЗООЧИСТОК АГЛОМАШИН

М.Н. ШВЕЦ

УкрГНТЦ «Энергосталь»

А.В. БРЕХУНОВ, С.В. САВЕНЧУК, В.Н. ЮРЧЕНКО

ГОК ОАО «Криворожсталь»

Опыт реконструкции газоочистных установок агломерационных машин. Результаты реализации новых технических решений УкрГНТЦ «Энергосталь».

Реконструированные в 1974–1976 гг. шесть удлиненных агломашин с площадью спекания 135 м^2 аглоцеха № 2 ГОКа ОАО «Криворожсталь» обеспечивают агломератом самую большую в СНГ доменную печь № 9 ОАО «Криворожсталь» и являются самыми большими и производительными агломашинами в Украине. Аглоэксгаустеры 9000-11-5 производительностью 12 тыс. $\text{м}^3/\text{мин}$ в Украине применяются только в этом аглоцехе и являются самыми мощными аглоэксгаустерами, выпускаемыми в СНГ.

За агломашинами установлены газоочистки, разработанные УкрГНТЦ «Энергосталь» (НИПИ «Энергосталь»), включающие две ступени очистки: сухую в одиночных циклонах и мокрую, состоящую из одной горизонтальной (уклон 10° к горизонтали) низконапорной прямоугольной трубы Вентури с горловиной сечением $0,9 \times 4,2 \text{ м}$ и центробежного футерованного скруббера-каплеуловителя диаметром $7,0 \text{ м}$, высотой $40,0 \text{ м}$ с эвольвентным входом и смывом стенок.

Трубы Вентури и центробежные скрубберы-каплеуловители таких больших размеров в отечественной и мировой практике были применены впервые из-за отсутствия свободных габаритов на промплощадке. Площадь спекания агломашин и производительность газоочисток ($740 \text{ тыс. м}^3/\text{ч}$) увеличились вдвое при сохранении расстояния $12,0 \text{ м}$ между агломашинами. По этой же причине на газоочистках агломашин аглоцеха № 2 ГОКа были применены горизонтальные (слабонаклонные) трубы Вентури, являющиеся естественным продолжением газового тракта, что исключило поворот газоходов диаметром $3,8 \text{ м}$ на 360° («петлю») и снизило гидравлическое сопротивление системы.

Газоочистки агломашин в течение 20–25 лет обеспечивали достаточно эффективную очистку аглогазов, защиту от износа роторов аглоэксгаустеров и необходимые условия агломерационного процесса.

Однако при длительной эксплуатации мокрых газоочисток выявилось, что постоянный смыв футерованных стенок скрубберов через большое количество угловых форсунок способствовал разрушению футеровки, выпадению плиток, вымыванию межплиточных швов. Стекающая по стенке скруббера водяная пленка захватывалась восходящим центробежным пылегазовым потоком и центробежной силой отбрасывалась через оголенные участки выпавшей футеровки и межплиточные швы к металлическим стенкам скрубберов, происходил гидроабразивный и коррозионный износ их стенок. Наибольшему износу подвергались участки эвольвентного входа и нижняя коническая часть скрубберов.

Подсосы воздуха через неплотности в корпусах скрубберов при смыве стенок способствовали выносу воды из скрубберов, отложениям пыли в газоходах и эксгаустерах, дебалансу, вибрации и износу роторов эксгаустеров. Постоянный форсуночный смыв футерованных стенок давал отрицательный эффект. Наружная теплоизоляция скрубберов затрудняла выполнение ремонтных и сварочных работ по устранению свищей и неплотностей.

Капитальные ремонты газоочисток с восстановлением плиточной футеровки по подготовленной металлической поверхности скрубберов не проводились из-за трудоемкости и длительности футеровочных работ.

В горловинах прямоугольных труб Вентури первоначальным проектом была определена высокая скорость аглогазов – $60\text{--}65 \text{ м/с}$, что приводило к повышенному износу труб Вентури, переохлаждению газов, ускоренному залипанию роторов аглоэксгаустеров и их дебалансу.

Описанные выше недостатки в последние годы требовали постоянных усилий и затрат на ремонтные работы и лимитировали производственный процесс.

Специалисты УкрГНТЦ «Энергосталь» и ГОКа ОАО «Криворожсталь» на основании эксплуатационного опы-

та ГОКа и других предприятий разработали технические решения и проектную документацию по реконструкции скрубберов и труб Вентури, обеспечивающие значительное упрощение и удешевление конструкций пылеуловителей, улучшение условий эксплуатации, устранение недостатков, повышение эффективности очистки.

Исключены системы смыва стенок скрубберов, брызгоотбойные козырьки, помещения напорных баков и форсунок, оказалась ненужной зона сепарации каплеуноса над уровнем установки угловых форсунок – высота новых скрубберов уменьшена на 10,0 м (1,4 диаметра скруббера). Укорочение скруббера и новое отношение его рабочей высоты (от оси входа до оси выхода) к диаметру, равное 2,7:1, вполне достаточны для эффективного каплеулавливания после трубы Вентури при удельном расходе воды на трубу Вентури 0,04–0,08 л/м³.

Механизированное специальное ремонтное устройство скрубберов исключено и демонтировано. Футеровка определена только для нижнего входного эвольвентного участка и конусной части скрубберов (примерно до отметки +13,5–+15,0 м), подверженных интенсивному гидроабразивному износу.

Исключение смыва стенок и плиточной футеровки средней и верхней частей скрубберов (2/3 высоты) основано на практическом опыте аналогичных мокрых газоочисток других предприятий, данных обследований и инструментальных замеров. Для конкретных условий мокрых газоочисток агломашин аглоцеха № 2 ГОКа ОАО «Криворожсталь» исключение смыва стенок скрубберов, спекание офлюсованного агломерата с основностью 1,42, что определяет щелочной характер очищаемой пылегазовой среды и шламовых стоков в скрубберах и трубах Вентури, значительное содержание в агломерационной пыли таких щелочных компонентов, как СаО (19 %), MgO (2 %), определяют возможность нормальной эксплуатации нефутерованных скрубберов в течение всего межремонтного периода. Толщина металла стенок скрубберов увеличена на 25 %.

Для облегчения ремонтных работ исключена наружная теплоизоляция скрубберов и труб Вентури.

Новый скруббер газоочистки агломашин № 1 был изготовлен из царг неиспользованного доменного воздухонагревателя диаметром 7,8 м из марганцовистой стали 09Г2С вместо ранее установленного скруббера диаметром 7,0 м. Толщина металла стенок скруббера составляет (мм): во входной эвольвентной части – 32, в средней – 25, в верхней – 16.

Скрубберы остальных газоочисток агломашин № 2-6 имеют диаметр 7,0 м. Для поддержания новых скрубберов в случае аварийной (по износу) ситуации предусмотрены страховочные стойки по всей их высоте, на кото-

рые установлена крановая эстакада с двумя 5-тонными ремонтными кран-балками. Такое строительное решение позволило исключить строительство крановой эстакады с новыми колоннами и фундаментами в насыщенном подземными коммуникациями районе газоочистки. Для ремонтных работ и ревизии по высоте скрубберов выполнены люки и кольцевые площадки. Прямоугольные трубы Вентури, также как и скрубберы, изготавливают без теплоизоляции, из марганцовистой стали 14Г2, с увеличенной толщиной стенок (25 мм).

Ширина горловины труб Вентури увеличена с 0,9 до 1,5 м, в связи с чем скорость газов в горловине снизилась вдвое – с 60 до 30 м/с.

В связи с увеличением ширины и сечения горловины труб Вентури, уменьшением скорости газов в горловине (то есть в зоне максимального контакта запыленного пылегазового потока с орошающей водой) и резким снижением интенсивности теплообмена, уменьшилось охлаждение газов и излишнее испарение орошающей воды. Полностью прекратилось налипание влажной пыли на лопатки роторов аглоэксгаустеров. Основным недостатком мокрых газоочисток до реконструкции являлось ограничение расхода подаваемой в трубу Вентури воды для предотвращения переохлаждения газов ниже температуры точки росы, залипания роторов аглоэксгаустеров и связанных с этим проблем.

Указанный недостаток относится не только к мокрым газоочисткам аглоцеха № 2 ГОКа ОАО «Криворожсталь», но и к низконапорным трубам Вентури газоочисток технологических газов агломашин и машин обжига окатышей на других аглофабриках и фабриках окомкования.

Для условий аглоцеха № 2 ГОКа ОАО «Криворожсталь» после расширения горловины труб Вентури до 1,5 м, резкого снижения скорости газов, степени охлаждения газов и испарения воды – появилась возможность увеличить количество подаваемой в трубы Вентури воды для повышения эффективности газоочистки.

При ширине горловины 1,5 м разработано и реализовано техническое решение по 2-х рядному форсуночному орошению в отличие от однорядного, применявшегося ранее в трубах Вентури в аглоцехе № 2 ГОКа и на других аглофабриках и фабриках окомкования.

Расчеты и проработки раскрытия водяных факелов форсунок в расширенных конфузорах труб Вентури и их взаимодействия с потоком аглогазов показали, что наиболее предпочтительным с точки зрения плотности орошения и перекрытия водяными факелами проходного сечения трубы Вентури – является система двухрядного форсуночного орошения. Вместо 5-ти эвольвентных форсунок, расположенных в один ряд в конфузоре, по оси трубы Вентури, в расширенном конфузоре установ-



ливаются 2 параллельных вертикальных ряда по 5 форсунок с диаметром насадок-сопел 12 мм.

Установка 2-х рядов форсунок позволяет наиболее плотно перекрыть увеличенное до 1,5 × 4,2 м сечение горловины трубы Вентури и обеспечить максимальный контакт пылегазового потока с факелами орошающей воды без переохладения газов.

Двухрядное орошение позволяет увеличить расход воды до 50–60 м³/ч при имеющемся в аглоцехе № 2 фактическом давлении воды на форсунках 3,5 ати.

После проверки работы двухрядной оросительной форсуночной системы на трубе Вентури газоочистки агломашин № 2 – двухрядные форсуночные системы были установлены на трубах Вентури газоочисток остальных агломашин.

Серьезной проблемой для реконструируемых газоочисток агломашин оказалась защита от износа.

При вводе в эксплуатацию реконструированных скруббера и трубы Вентури агломашин № 1 защитная футеровка не была смонтирована, отсутствовали технические решения и техдокументация на оптимальные для условия газоочисток аглоцеха № 2 конструкции защитной футеровки.

Первый период эксплуатации реконструированной газоочистки агломашин № 1 показал, что интенсивному гидроабразивному износу подвергаются эвольвентный вход и конус скруббера, то есть нижняя часть скруббера (~1/3 по высоте).

В то же время вся средняя и верхняя часть скруббера не подвержены коррозии и абразивному износу. На стенках скруббера образовался защитный «гарнисаж» пылевых отложений.

В реальных производственных условиях аглоцеха № 2 ГОКа ОАО «Криворожсталь» конструкция защитной футеровки скрубберов и труб Вентури должна быть максимально надежной, долговечной, должна исключать специфические трудоемкие химзащитные работы, учитывать нестабильный технологический и температурный режим работы агломашин.

Указанные условия и имеющийся эксплуатационный опыт определили применение для защиты от гидроабразивного износа скрубберов и труб Вентури мокрых газоочисток агломашин № 1–6 ГОКа ОАО «Криворожсталь» шлаколитых армированных плиток, выпускаемых цехом шлакового литья ОАО «Никопольский завод ферросплавов» из расплава шлака силикомарганца. Исходным сырьем для производства шлаколитых плиток и других изделий служат огненно-жидкие шлаки силикомарганца.

Специальная, отработанная технология отливки и термообработки шлаколитых изделий обеспечивает физико-химические и механические свойства шлакового ли-

тья, не уступающие каменному литью, а по ряду показателей превосходящие его.

Технология изготовления армированных проволочной сеткой $\delta = 6$ мм плиток толщиной 40 мм с использованием металлических каркасов (рамок), которые сохраняются после заливки, термообработки и охлаждения шлакового литья, позволяет осуществлять их крепление к металлическим поверхностям с помощью сварки без применения вяжущих растворов, что является особенно важным преимуществом шлаколитых плиток, так как исключает необходимость выполнения трудоемких и специфических химзащитных работ.

По стойкости к воздействиям теплосмен изделия из шлакового литья значительно превосходят каменное литье и кислотоупорную керамику (25–150 теплосмен по сравнению с 5–6 теплосменами).

Шлаколитые плитки могут отливаться необходимых размеров.

Для конкретных условий защиты скрубберов и труб Вентури газоочисток агломашин аглоцеха № 2 ГОКа ОАО «Криворожсталь» с учетом условий монтажа, раскладки плиток и сокращения количества стыковых швов применены плитки размерами 600 × 400 × 40 мм, 720 × 400 × 40 мм и меньших размеров для подгоночных плиток согласно схемам раскладки.

Принятые размеры плиток более чем в 2 раза превышают размеры плиток из каменного литья, что обеспечивает уменьшение количества площади швов между плитками, являющихся самым уязвимым местом в плиточной футеровке, а также сокращение сроков выполнения работ.

Плиточная футеровка выполняется в эвольвентной, цилиндрической и конусной частях скрубберов до отметки +15,0 м. Выше отметки +15,0 м скруббера не футеруют, трубы Вентури футеруются плиточной футеровкой от конфузора до входного патрубка скруббера (то есть вся «мокрая» часть трубы Вентури).

Футеровка из шлаколитых плиток смонтирована на мокрой газоочистке одной из агломашин и успешно эксплуатируется с февраля 2004 г.

К настоящему времени реконструированы и введены в эксплуатацию газоочистки четырех агломашин, осуществляется реконструкция пятой агломашин.

Опыт эксплуатации реконструированных газоочисток подтвердил правильность принятых решений.

Практически прекратились отложения пыли в эксгаустерах и налипание ее на роторы. Прекратился выход из строя роторов эксгаустеров из-за дебаланса и вибрации. Разрежение в газовом коллекторе агломашин увеличилось до 10–12 кПа. Нефутерованная часть скрубберов от отметки +15,0 до +30,0 м не имеет коррозии. На стенках

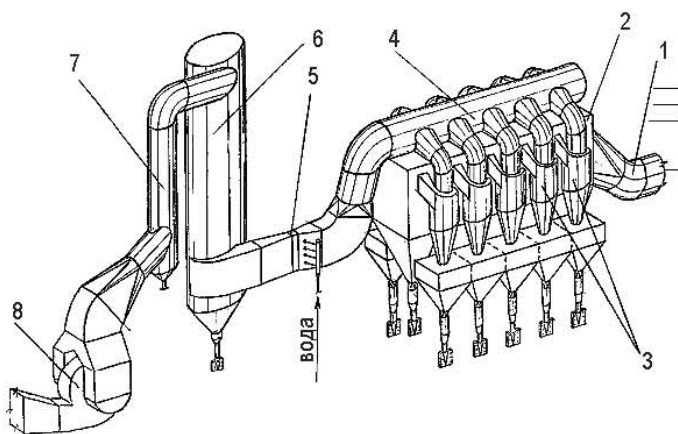


Рисунок 1. Схема реконструированной двухступенчатой газоочистки агломашины площадью спекания 135 м² аглоцеха № 2 ГОКа КГМК «Криворожсталь»:

1 – газопровод грязного газа от газового коллектора агломашины; 2 – газораспределительная камера; 3 – циклоны типа ЦН-24 диаметром 2,4 м; 4 – коллектор получистого газа; 5 – прямоугольная низконапорная труба Вентури; 6 – скруббер-каплеуловитель диаметром 7,0 м; 7 – газопровод чистого газа; 8 – эксгаустер типа 9000-11-5

скрубберов выше отметки +15,0 м образовался защитный слой (гарнисаж) отложений пыли.

Реконструированные газоочистки обеспечивают эффективность пылеулавливания и остаточную концентрацию пыли после очистки в пределах проектных величин и нормативов ПДВ. Работа газоочисток значительно стабилизировалась, выбросы пыли в атмосферу сократились.

Ниже приведены основные параметры реконструированных газоочисток по данным инструментальных замеров:

Количество аглогазов до газоочистки:	
тыс. м ³ /ч	700–760
тыс. нм ³ /ч	420–460
Температура газов, °С:	
до газоочистки	125–135
после газоочистки, перед эксгаустером	70–80
Разрежение, кПа:	
в газовом коллекторе	10–12,5

перед эксгаустером	12–14
Концентрация пыли до газоочистки, г/м ³	2,5–3,5
Концентрация пыли после газоочистки, мг/м ³	70–80
Химический состав газов, г/нм ³ :	
CO	3,45–3,75
NO _x	0,028–0,029
SO ₂	0,11–0,12
Химический состав пыли (массовая доля, %):	
Fe ₂ O ₃	45,35
FeO	19,1
SiO ₂	6,43
CaO	18,72
MgO	1,8
Al ₂ O ₃	0,4
C	2,5
п. м. п. п.	5,7
рН шламовых стоков скрубберов	8,1–8,15

В результате реконструкции скрубберов и труб Вентури мокрых газоочисток агломашин вдвое снижено аэродинамическое сопротивление газоочистки, уменьшены интенсивность тепломассообмена и степень охлаждения аглогазов, повышено разрежение в вакуум-камерах агломашин, исключены отложения пыли, дебаланс роторов эксгаустеров, снижены стоимость и трудоемкость ремонтных работ.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Швец М. Н., Геншафт А. Г., Глинский И. Р. и др. Реконструкция газоочисток аглофабрики // *Металлург.* – 1978. – № 9. – С. 20 – 21.
2. Швец М. Н., Жилинский А. Н., Геншафт А. Г. Обеспыливание аглогазов в двухступенчатых газоочистках // *Металлург.* – 1975. – № 2. – С. 14 – 16.
3. Швец М. Н., Жилинский А. Н., Геншафт А. Г. Двухступенчатые системы очистки газов агломерационных машин // *Экспресс-информация: Ин-т «Черметинформация», 1974.* – Сер. 22. – Вып. 4. – С. 1 – 13.