

УДК 621.928.9**В.Д. МАНТУЛА**, заместитель генерального директора,**А.В. ШАПАРЕНКО**, заведующий лабораторией, **А.Ю. ПИРОГОВ**, заместитель генерального директора

Украинский государственный научно-технический центр «Энергосталь» (УкрГНТЦ «Энергосталь»), г. Харьков

С.Б. ЕРОШКИН, начальник сталеплавильного производства,**В.Н. МАРИЧЕВ**, заместитель начальника по техобслуживанию сталеплавильного производства

ОАО «Северсталь», г. Череповец (Россия)

ЭФФЕКТИВНАЯ МЕТОДИКА РЕКОНСТРУКЦИИ ГАЗООЧИСТКИ ШАХТНОЙ ПЕЧИ И УСТАНОВКИ «ПЕЧЬ-КОВШ» ЭЛЕКТРОСТАЛЕПЛАВИЛЬНОГО ЦЕХА ОАО «СЕВЕРСТАЛЬ»

В статье изложены результаты реконструкции газоочистки на основе рукавного фильтра с обратной продувкой производства «Wheelabrator» (Canada), установленного за шахтной печью № 2 и установкой «печь-ковш» № 2 электросталеплавильного цеха ОАО «Северсталь». УкрГНТЦ «Энергосталь» выполнил комплекс проектных работ, изготовил механическое оборудование, провел шефмонтажные и пусконаладочные работы. До реконструкции остаточная концентрация пыли после фильтра составляла 250–300 мг/м³. В результате выполненной реконструкции достигнут гарантированный показатель очистки газов от пыли после рукавного фильтра до пылесодержания 35–40 мг/м³. При этом увеличилась надежность работы оборудования газоочистки.

рукавный фильтр, газоотводящий тракт, реконструкция

Газоочистка поставки канадской фирмы «Quad Engineering» на основе рукавного фильтра с обратной продувкой фирмы «Wheelabrator» (Canada) пущена в составе шахтной печи № 2 ЭСПЦ ОАО «Северсталь» в 2005 г. Однако в условиях эксплуатации печи газоочистка оказалась практически неработоспособной. Неудовлетворительная работа газоочистки проявилась в низкой эксплуатационной надежности оборудования (выход из эксплуатации 140–180 рукавов в месяц) и высокой остаточной концентрации пыли после фильтра (250–300 мг/м³).

Исследования, проведенные УкрГНТЦ «Энергосталь» в 2007 г., показали, что существует ряд систематических повреждений оборудования газоотводящего тракта: локальные прогары рукавов, выгорание, обрывы рукавов, механическое истирание ткани, систематическое превышение температуры газов по газоотводящему тракту.

Существенными факторами, влияющими на удельный выход технологических газов, явились особенности технологии выплавки в ЭСПЦ ОАО «Северсталь»: легковесный лом (плотность 0,5–0,7 т/м³) и, как следствие, частые зависания шихты; подача кислорода до 10000 нм³/час за плавку; использование в процессе плавки чугуна до 30 т; подача в печь угля и кокса.

При эксплуатации рукавного фильтра довольно часто складывались нештатные ситуации, приводившие к повреждению рукавов и постепенному снижению эффективности очистки газов.

Основными причинами периодического возникновения аварийных ситуаций в работе рукавного фильтра и неработоспособности объединенной газоочистки явились:

- несоответствие проектной системы автоматики особенностям технологии выплавки стали в шахтных печах в ЭСПЦ (интенсивные изменения газовыделения из печи, изменения температурного и гидравлического режимов). Существовавшая система автоматики с высокой инерционностью термопар и исполнительных механизмов не обеспечивала поддержку параметров для надежной работы оборудования;
- замена рукавов канадской фирмы (поставщика рукавов) и креплений других фирм («Кондор-Эко», «Аква»), которые отличались своими характеристиками от проектных характеристик (массой, воздухопроницаемостью, усадкой), привела к снижению эффективности регенерации. Системы крепления рукавов фирмы «Кондор-Эко» не обеспечивали надежного крепления и натяжения рукава в процессе эксплуатации;



- отклонения от проектной схемы в работе спрей-камеры, чем обусловлены частые превышения температуры газов перед фильтром, а также частый проскок раскаленных частиц металла и шлака в фильтр, что приводит к повреждению рукавов;
- нарушения в работе крышного зонта, повышенное гидравлическое сопротивление отдельных участков тракта;
- система пылеуборки при эффективной работе фильтра не обеспечивает полного удаления пыли из-за несоответствия по производительности примененных в проекте конвейеров.

УкрГНТЦ «Энергосталь» предложил два варианта реконструкции. Первый вариант – замена оборудования фильтра с обратной продувкой на современный фильтр с импульсной регенерацией разработки и поставки УкрГНТЦ «Энергосталь», способный обеспечить остаточную концентрацию пыли не более 10 мг/м³. Второй вариант – реконструкция по схеме фильтра с обратной продувкой. Первый вариант был проработан и оказался приемлемым, поскольку предусматривал размещение фильтра в существующем корпусе, однако для монтажа оборудования фильтра требовалась остановка печи на 1,5–2 месяца. Вследствие дополнительных потерь производства этот вариант отклонен предприятием.

При выборе основных технических решений УкрГНТЦ «Энергосталь» опирался на положительный опыт эксплуатации рукавных фильтров с обратной продувкой в ферросплавном и электросталеплавильном производствах на территории СНГ и в странах дальнего зарубежья. Учтены особенности работы оборудования, выявленные в результате обследования газоотводящего тракта, что позволило совместно со специалистами комбината подготовить перечень мероприятий и реализовать их при реконструкции газоочистки в условиях действующего производства без дополнительных простоев в работе печей:

1. Заменены:

- часть газохода технологических газов Ø 2220 от ШП № 2 (участок от спрей-камеры до сборного газохода) – на газоход Ø2520;
- вышедшие из строя подбункерные лопастные пылевые затворы (14 шт.) – на шлюзовые питатели Ш 5–45.

2. Установлены:

- новый двухзаслоночный регулирующий клапан на технологическом газоходе шахтной печи № 2 Ø2500 с приводом МЭО – 4000/63 – 0,25 – 97К – У2;
- новый регулирующий шестизаслоночный клапан крышного зонта (4100x4100) с приводом МЭО – 4000/63 – 0,25 – 97К – У2 на газоходе неорганизованных выбросов от ШП № 2 и обеспечено его функционирование в автоматическом режиме;

- новые фильтровальные рукава из полиэфира (артикул 88–051 (2В–2));
- новое устройство крепления и натяжения рукавов конструкции УкрГНТЦ «Энергосталь», обеспечивающее натяжение рукавов без провисания при усилии 264,6 Н. Рабочий ход пружины амортизационного приспособления – 200 мм;
- площадки для обслуживания верхних креплений фильтровальных рукавов;
- под бункерами фильтра – новые продольные конвейеры типа КПС (М) – 320 (2 шт.) и сборочный конвейер типа КПС (М) – 500 (1 шт.);
- на газоотводящем тракте – термодары ТХА – 1292 с температурной инерцией <3 с и ТХАУ – 0194 – 07 – Т5 с температурной инерцией <1 с;
- в качестве приводов для клапанов подсоса атмосферного воздуха – электровинтовые приводы типа ПЭВМ-1М 600x400, позволяющие в течение 2–3 с срабатывать на предельные температуры, заложенные в алгоритме работы газоочистки;
- на всех ячейках (секциях) фильтра – новые манометры типа «Yokogawa», регистрирующие гидравлическое сопротивление секции фильтра;
- дополнительно к заводской линии – новый компрессор типа 1ВВ-40/9Н для повышения давления сжатого воздуха, подаваемого на спрей-камеру.

3. Разработаны и внедрены:

- алгоритм работы газоочистки, отработка которого при возникающих «хлопках» в газоотводящем тракте сводит к минимуму повреждаемость оборудования газоотводящего тракта;
- новый алгоритм работы рукавного фильтра для повышения эффективности регенерации;
- новый алгоритм работы клапанов подсоса атмосферного воздуха.

4. Внесены изменения в алгоритм работы камеры спрейерного охлаждения газов.

Принципиальная схема объединенной газоочистки после реконструкции представлена на рис. 1. Горячие технологические газы от шахтной печи фирмы «Fuchs Systemtechnik GmbH» (1) поступают в камеру дожигания СО (2), далее по водоохлаждаемому газоходу диаметром 2200 и по 6-ти секционному водоохлаждаемому газоходу диаметром 2200 (3) газы попадают в камеру спрейерного охлаждения (4). Водоохлаждаемый газоход оборудован системами подвода и отвода охлаждающей воды (с соответствующей арматурой и площадками обслуживания). Рабочая температура технологических газов после камеры спрейерного охлаждения регулируется количеством испаряемой воды. К выходному патрубку камеры охлаждения примыкает участок неохлаждаемого газо-

хода технологических газов, на котором установлен клапан МК-1-1200 подсоса атмосферного воздуха с электроприводом типа ПЭВМ (5). На технологическом газоходе установлен предохранительный клапан Ду 1000 (на рис. 1 не показан) и регулирующий клапан Ду 2500 мм (6) с электроприводом МЭО – 4000/63 – 0,25 – 97К – У2.

Для улавливания неорганизованных выбросов, которые образуются при выбивании печных газов через зазоры между сводом и корпусом печи, электродами и сводом печи, колпаком шахты и корпусом шахты печи, сливе шлака и жидкого металла, очистке желоба заливки жидкого чугуна, завалке металлолома на «пальцы», подвалке скрапа в шахту печи и сбросе шихты с «пальцев», в межферменном и азрационном пространстве размещается крышный зонт (7) с рабочей площадью всасывающего сечения $18 \times 15 \text{ м} = 270 \text{ м}^2$. Крышный зонт соединен с газоходом, на переходном патрубке которого установлен 6-ти створчатый регулирующий клапан (8) сечением $4100 \times 4100 \text{ мм}$ с электроприводом МЭО – 4000/63 – 0,25 – 97К – У2.

Технологические газы от УПК № 2 (9) отводятся через сопловой аппарат по газоходу диаметром 820 мм. Величиной рабочего зазора между фланцами патрубка зонта-укрытия и соплового аппарата регулируют

объем подсасываемого воздуха для охлаждения газов и дожигания СО, недогоревшего под зонтом-укрытием печи-ковша. Далее по газоходу диаметром 820 мм, проходящему под рабочей площадкой УПК № 2, газы поступают в пылесадительную камеру (10), предназначенную для удаления из газового потока частиц крупных фракций.

После выхода из пылесадительной камеры технологические газы транспортируются по газоходу диаметром 1220 мм. На этом участке установлен регулирующий клапан (11) диаметром 1200 мм с электроприводом.

Для компенсации гидравлических сопротивлений тракта технологических газов от УПК № 2 врезана байпасная линия диаметром 1220 мм. На байпасной линии установлен дымосос (14) марки ДН-19 с электродвигателем АДВС-315-6У1 мощностью 315 кВт и направляющим аппаратом (13), а также отсечные клапаны (12) и (15) диаметром 1200 мм. Между врезками байпасной линии установлен отсечной клапан (16) диаметром 1200 мм. В качестве приводов направляющего аппарата и клапанов применен МЭО-630.

Газовоздушная смесь технологических газов, неорганизованных выбросов ШП № 2 и технологических газов

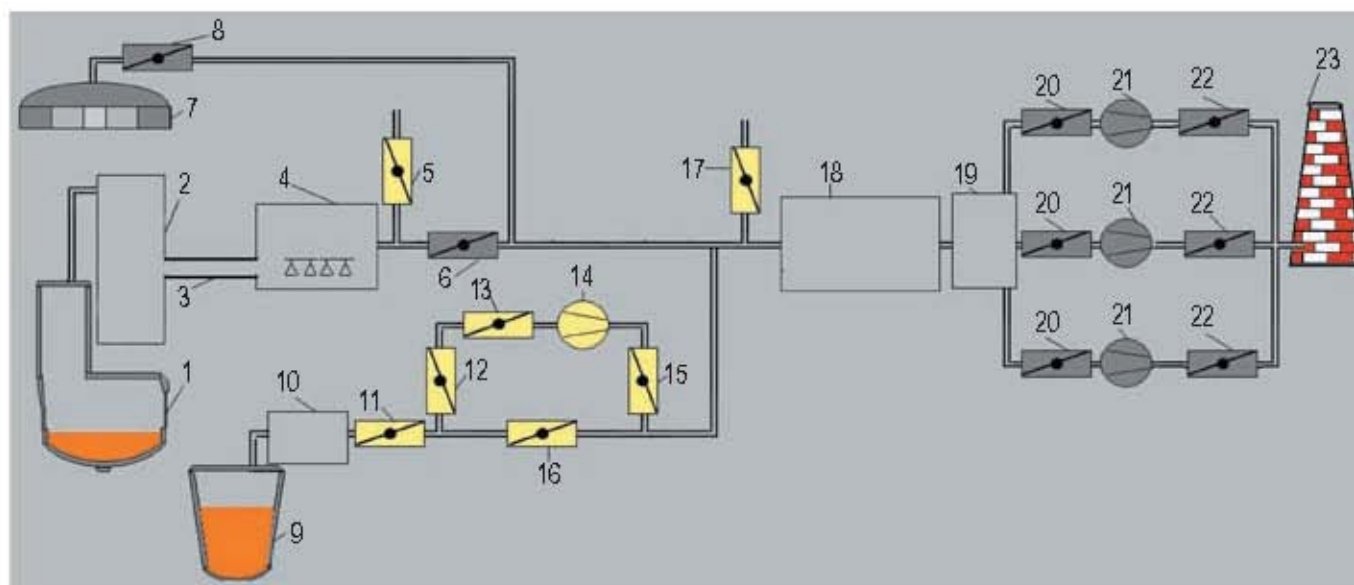


Рисунок 1 – Принципиальная схема объединенной газоочистки:

- 1 – шахтная печь фирмы «Fuchs Systemtechnik GmbH»; 2 – камера дожигания СО; 3 – газоход печи водсохлаждаемый;
- 4 – камера спрейерного охлаждения технологических газов; 5 – клапан МК-1-1200 подсоса воздуха с электроприводом;
- 6 – регулирующий клапан Ду 2500 с электроприводом; 7 – крышный зонт; 8 – регулирующий клапан 4100×4100 с электроприводом; 9 – установка «печь-ковш»; 10 – пылесадительная камера; 11 – регулирующий клапан Ду 1200 с электроприводом;
- 12 – отсечной клапан МК-1-1200 на байпасе перед дымососом ДН-19М с электроприводом;
- 13 – направляющий аппарат дымососа ДН-19М с электроприводом; 14 – дымосос ДН-19М с электродвигателем; 15 – отсечной клапан МК-1-1200 на байпасе после дымососа ДН-19М с электроприводом; 16 – отсечной клапан МК-1-1200 на прямом газоходе с электроприводом; 17 – клапан МК-1-1400 аварийного подсоса воздуха перед фильтром с электроприводом;
- 18 – рукавный фильтр; 19 – цоколь; 20 – входной регулирующий клапан дымососа с электроприводом; 21 – дымосос № 196 серия 5460 тип DIDW RHM; 22 – клапан выходной отсечной МК-1-2700×2400 с электроприводом; 23 – дымовая труба



от УПК № 2 после врезок в сборный газоход диаметром 5020 мм смешиваются, где происходит усреднение температурных, газосоставляющих и пылевых параметров. В торцевую стенку горизонтального участка сборного газохода врезан патрубок диаметром 1420 мм с установленным на нем клапаном (17) диаметром 1400 мм аварийного подсоса холодного воздуха с приводом типа ПЭВМ.

Газовоздушная смесь от сборного газохода проходит очистку от пыли в рукавном фильтре (18), который через отвод стыкуется с входным патрубком цоколя-распределителя (19) и дымососами (21) серии 5460 типа DIDW RHM; очищенные газы через дымовую трубу (23) удаляются в атмосферу. Количество удаляемых газов регулируют направляющие аппараты (20) величины открытия клапанов. Для перекрытия газового потока применяются выходные отсечные клапаны (22) МК-1-2700×2400 с электроприводом.

Технические параметры рукавного фильтра после реконструкции: количество секций (камер) – 14 шт. (компоновка секций – двухрядная, по 7 секций в ряду с размещением газоходов грязного и очищенного газов, а также воздуховода обратного воздуха между рядами секций); площадь фильтрации одной секции – 2411,5 м², общая площадь фильтра – 33761 м²; количество рукавов в секции – 240 шт.; общее количество рукавов в фильтре – 3360 шт.; внутренний диаметр фильтровального рукава – 305 мм; длина рукава – 10530 мм; материал рукава – полиэфир (артикул 88–051(2В–2); плотность материала – 318±16 г/м²; толщина материала – 1 мм; максимальная кратковременная допустимая температура газов – 145 °С; очистка рукавов (регенерация) – продувка воздухом от отдельного вентилятора с забором воздуха из атмосферы; удельная газовая нагрузка – 0,76 м³/м²·мин; удельная газовая нагрузка при регенерации – 0,82 м³/м²·мин.

Нижняя часть рукава надевается на патрубок, приваренный к рукавной доске, и обжимается хомутом на патрубке. Верх фильтрующего рукава заглушен при пошиве

посредством многократной зигзагообразной прострочки сложенной в четыре слоя верхней части рукава с образованием хвостовика, что обеспечивает герметичность. В пространство, образующееся после прострочки верхней части рукава, вставляется тремпель и надевается на пружинный амортизатор. Пружина амортизатора размещена между петлеобразными скобами и установлена между двумя пластинами, в которых выполнены четыре взаимно перпендикулярно расположенных отверстия для размещения в них направляющих скоб, концы которых приварены к ним попарно.

Указанные выше конструктивные особенности обеспечивают неразъемность соединения фильтрующего рукава с амортизатором, узлом верхнего крепления и натяжения рукавов.

При монтаже рукавов с решетки верхнего крепления рукава опускают веревку с крючком, на который посредством цепи навешивают рукав с амортизатором, затем поднимают его вверх, к решетке, и фиксируют, предварительно сжав пружину амортизатора, на уголках посредством шкворня, пропущенного через звено цепи.

Принципиальная схема реконструированной системы пылевыгрузки и пылеуборки показана на рис. 2.

На бункере каждой секции установлен шлюзовой питатель (6) Ш5-45 с электродвигателем мощностью 2,2 кВт, частотой вращения 1420 об/мин и редуктором. Под бункерами секций № 1–7 к выходным фланцам шлюзовых питателей пристыкован скребковый конвейер № 1 типа КПС (2М) 320Т с электродвигателем мощностью 5,5 кВт типа АМ 112 М4 У3, длиной 38525 мм и производительностью 16 м³/час (3). Технологическое назначение – транспортировка пыли и передача ее на конвейер № 3,

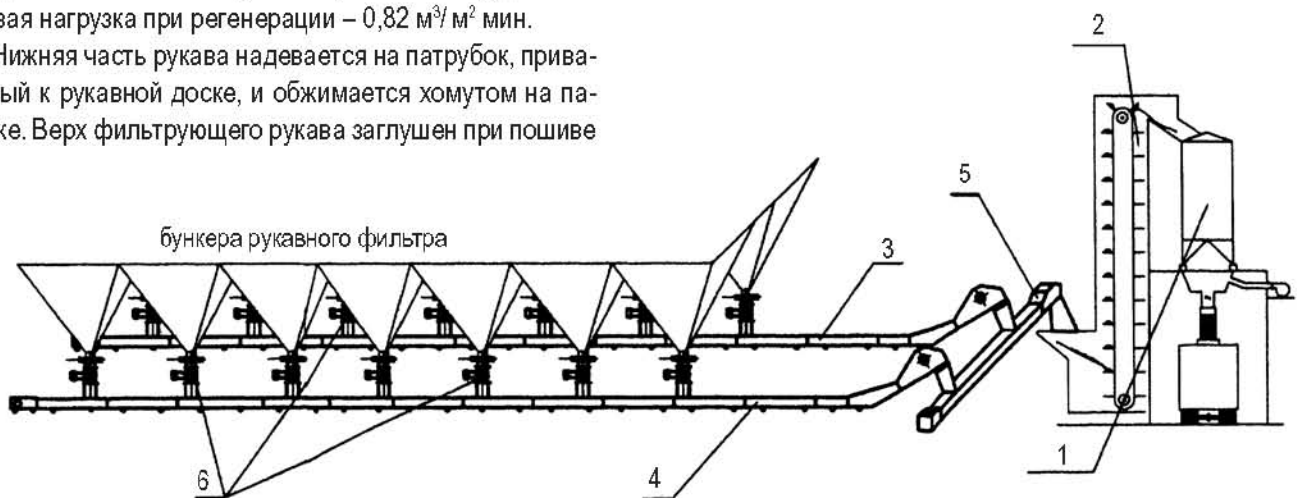


Рисунок 2 – Система уборки и транспортировки пыли (пылеуборка):
 1 – сборный бункер пыли; 2 – ковшевой подъемник-элеватор; 3 – КПС – 320 (№ 1);
 4 – КПС – 320 (№ 2); 5 – КПС – 500 (№ 3); 6 – шлюзовый питатель

сборный (5). Аналогично под бункерами секций № 8–14 к выходным фланцам шлюзовых питателей пристыкован скребковый конвейер № 2 типа КПС (2М) 320Т с электродвигателем мощностью 5,5 кВт типа АМ 112 М4 УЗ, длиной 38525 мм и производительностью 16 м³/час (4). Технологическое назначение – транспортировка пыли и передача ее на конвейер № 3, сборный (5). К нижним выходным фланцам конвейеров № 1 и № 2 пристыкован поперечный конвейер № 3 типа КПС (2М) 500Т с электродвигателем мощностью 3,0 кВт типа 4АМ 100 S3 УЗ, длиной 13885 мм и производительностью 32 м³/час (5). Технологическое назначение – транспортировка пыли от конвейеров № 1 и № 2 и передача ее на вертикальный ковшевой подъемник-элеватор (2). Из выходного патрубка сборного конвейера № 3 пыль через тещку поступает в приемный карман ковшевого элеватора марки С85-766. Технологическое назначение – транспортировка пыли от конвейера № 3 и загрузка ее в сборный бункер пыли (1). Скребковые конвейеры и ковшевой подъемник-элеватор оснащены датчиками контроля скорости и движения.

Весь объем реконструкции выполнен поэтапно (с августа по ноябрь 2008 г), только в периоды плановых остановок печи на профилактические ремонты, без потерь производства.

УкрГНТЦ «Энергосталь» провел шефмонтажные и пусконаладочные работы.

Пуск газоочистки после капитального ремонта был осуществлен в ноябре 2008 г. Результаты выполненных пусконаладочных работ представлены в табл. 1. Пусконаладочные работы и режимные испытания показали высокую надежность и эффективность работы систем газоотводящего тракта и рукавного фильтра. Остаточная концентрация пыли после фильтра не превышает 0,035–0,04 г/м³, что соответствует гарантированному показателю очистки газов от пыли (менее 0,05 г/м³), указанному в контракте на реконструкцию газоочистки. Пусконаладочные работы по отработке оптимального режима работы газоочистки будут продолжены после замены изношенных роторов основных дымососов на новые, что входит в объем мероприятий по реконструкции газоочистки.

Таблица 1 – Показатели работы реконструированной газоочистки в режиме работы ШП № 2 – плавка

Наименование параметра	Ед. изм.	Величина	
		Номинальная	Максимальная
Технологический газоход			
Температура газа на выходе из печи	°С	750–1000	1200
Расход воды, подаваемой на спрей-камеру	м ³ /час	25	32
Давление сжатого воздуха, подаваемого на спрей-камеру	МПа	0,45	0,55
Давление воды, подаваемой на спрей-камеру	МПа	0,45	0,55
Температура газов после спрей-камеры	°С	180–305	
Разрежение газа после спрей-камеры	Па	2100	3000
Величина открытия технологического клапана Ø2,5	%	100	
Объем газов после спрей-камеры	нм ³ /час	350000	380000
Запыленность газов после спрей-камеры	г/м ³		4,36
Газоход неорганизованных выбросов			
Величина открытия регулировочного клапана 4,1х4,1 газохода неорганизованных выбросов от крышного зонта	%	12	20
Температура неорганизованных выбросов уловленных крышным зонтом	°С	50	80
Объем неорганизованных выбросов, уловленных крышным зонтом	нм ³ /час	250000	350000
Разрежение газов перед регулировочным клапаном 4,1х4,1	Па	40	70
Максимальная запыленность неорганизованных выбросов, уловленных крышным зонтом	г/м ³		0,17
Газоход технологических газов от УПК №2			
Разрежение газа после соплового аппарата	Па	600	1000
Температура газа после регулировочного клапана	°С	85	135
Разрежение газа после регулировочного клапана	Па	4500	7100
Объем газов после УПК № 2	нм ³ /час	60 000	65000
Рукавный фильтр (режим регенерации – по таймеру)			
Открытие направляющего аппарата вентилятора обратного воздуха	%	75	100
Температура газов перед рукавным фильтром	°С	127	145
Разрежение газов:			
• перед фильтром	Па	3000	4600
• перед дымососом		5600	6500



Таблица 1 – Продолжение

Наименование параметра	Ед. изм.	Величина	
		Номинальная	Максимальная
Перепад давления на фильтре	кПа	1,90	4,00
Запыленность газов:			
• на входе в фильтр	г/м ³	0,17	1,67
• на выходе из фильтра			0,04
Объем газов:			
• перед рукавным фильтром	нм ³ /час	980000	1 100 000
• после рукавного фильтра		1 200 000	1 350 000
Основные дымососы (одновременно работающих дымососов – 2 шт., в резерве – 1 шт.)			
Величина открытия направляющих аппаратов (НА):			
дымосос № 1	%	60	95
дымосос № 2		60	95
дымосос № 3		0	0

Поступила в редакцию 06.04.2009

У статті викладено результати реконструкції газоочистки на основі рукавного фільтру зі зворотною продувкою «Wheelabrator» (Canada), який встановлено поза шахтною піччю № 2 та установкою «піч-ківш» № 2 електросталеплавильного цеху ВАТ «Северсталь».

УкрДНТЦ «Енергосталь» виконав комплекс проектних робіт, виготовив механічне обладнання, здійснив шеф-монтажні та пусканалагоджувальні роботи. До реконструкції остаточної концентрація пилу після фільтру складала 250–300 мг/м³. У результаті виконаної реконструкції досягнуто гарантований показник очистки газів від пилу після рукавного фільтру до вмісту пилу 35–40 мг/м³. При цьому збільшилась надійність роботи обладнання газоочистки.

The paper reports about results of reconstructing gas purification based on a bag filter with a blowback produced by «Wheelabrator» (Canada), fixed behind the shaft furnace No.2 and unit «furnace-ladle» No.2 in electrosteel-smelting shop of JSC «Severstal». UkrSSEC «Energostal» has elaborated the design, produced mechanical equipment, fulfilled contract supervision and commissioning works. Before reconstruction residual dust content after a filter was 250–300 mg/m³. In the result of reconstruction the guaranteed parameter of dust content after bag filter is up to 35–40 mg/m³. Thus reliability of gas cleaning equipment operation has increased.