

**УДК 669.162.266.23:621.928.943****А.В. ЛИТВИНЕНКО**, начальник отдела

Государственное предприятие «Украинский научно-технический центр metallургической промышленности «Энергосталь» (ГП «УкрНТЦ «Энергосталь»), г. Харьков

## МОДЕРНИЗАЦИЯ СИСТЕМ АСПИРАЦИИ ЛИТЕЙНЫХ ДВОРОВ ДОМЕННОЙ ПЕЧИ

Рассмотрен комплексный проект по модернизации систем аспирации литейных дворов №1 и 2 доменной печи №4 в ПАО «МК «Азовсталь» с реконструкцией аспирационной газоочистки и переоборудованием электрофильтра в высокоеффективный рукавный фильтр с импульсной регенерацией конструкции и изготовления ГП «УкрНТЦ «Энергосталь», обеспечивающий остаточную запыленность выбросов не более 20 мг/м<sup>3</sup>.

**Ключевые слова:** ПАО «МК «Азовсталь», доменная печь, рукавные фильтры типа ФРИР, аспирационная газоочистка, модернизация, реконструкция, снижение выбросов.

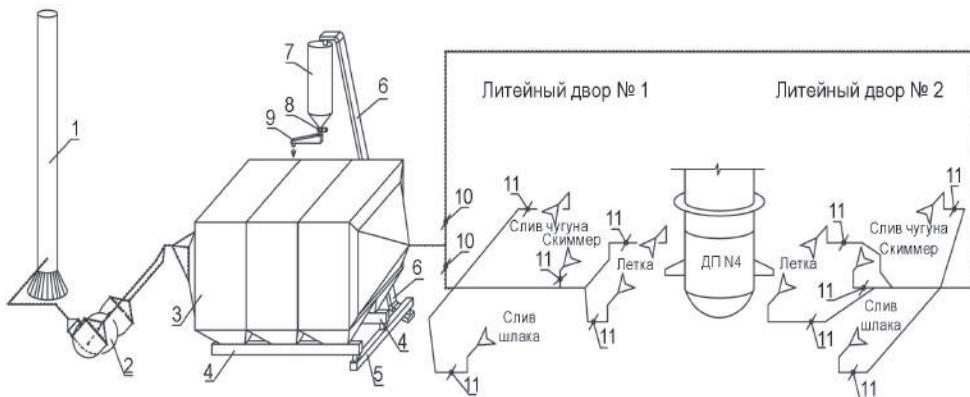
В комплекс доменной печи (ДП) ПАО «МК «Азовсталь» входит система аспирации литейных дворов №1 и 2, которая функционирует в переменном режиме (только во время выпуска металла), т.е. отсосы работают либо на первом, либо втором литейном дворе. Проектная мощность этой аспирационной газоочистки составляет 600 тыс. м<sup>3</sup>/час.

В настоящее время очистка воздуха, отходящего от литейного двора ДП №4, производится в электрофильтре фирмы Lurgi Bischoff GmbH. Его корпус выполнен в виде цельнометаллического сварного прямоугольного сооружения, к торцам которого примыкают по два диффузора для входа грязного и выхода очищенного от пыли газа. В нижней части корпуса расположены бункера для

сбора и удаления уловленной пыли. Схема существующей системы аспирации представлена на рис. 1.

Уловленная пыль скапливается в шести бункерах, расположенных под корпусом электрофильтра, из которых она удаляется скребковыми конвейерами, входящими в конструкцию электрофильтра. Система пылеуборки регулярно выходит из строя, поэтому требуются новые конструкторские решения по повышению эффективности ее работы.

В качестве побудителей тяги установлен дымосос двустороннего всасывания с электродвигателем N = 710 кВт и n = 740 об/мин, подающий очищенный воздух в дымовую трубу диаметром 3,7 м и высотой 30 м. На всосе дымососа установлен шумоглушитель.



**Рисунок 1 – Схема существующей системы аспирации литьевых дворов № 1 и 2:**

1 – дымовая труба; 2 – дымосос двухстороннего всасывания; 3 – электрофильтр BS780; 4 – скребковый конвейер TKF 410; 5 – скребковый конвейер TKF 500; 6 – наклонный двойной конвейер D-TSF 500; 7 – сборный бункер пыли; 8 – шлюзовый питатель; 9 – винтовой питатель с системой увлажнения; 10 – клапан Du 3200 с приводом AUMA; 11 – клапан с приводом AUMA

Специалисты ГП «УкрНТЦ «Энергосталь» провели обследование существующей системы аспирации, которая не обеспечивает ни качественного улавливания пылегазовой смеси, ни ее очистки перед выбросом в атмосферу, и выявили участки с повышенным сопротивлением, изношенностью укрытий, отсечных клапанов и отдельных механизмов газоочистки. Данные об объемах пылегазовоздушной смеси, отбираемых системой аспирации от технологических узлов, представлены в табл. 1.

Существующая аспирационная система не справляется с улавливанием выбросов при вскрытии летки, разливе чугуна и шлака, а также при продувке доменной печи, что приводит к существенной загазованности на литьевом дворе. Незэффективность системы газоочистки в электрофильтре объясняется неработоспособностью третьего поля электрофильтра. Вследствие значительного снижения КПД очистки фактическая концентрация пыли после электрофильтра составляет 159 мг/м<sup>3</sup> в час, что многократно превышает нормативную величину ПДВ (50 мг/м<sup>3</sup>).

Внешний вид существующей аспирационной газоочистки представлен на рис. 2.

Для оптимального захвата пылегазовоздушной смеси у мест ее образования на литьевых дворах необходимо оборудовать новые укрытия пылящих узлов, установить устройства местных отсосов и системы газоходов с отсечными и регулирующими клапанами.

Кроме того, для обеспечения эффективного улавливания и очистки пылегазовыделений предусмотрены



**Рисунок 2 – Существующая аспирационная газоочистка литьевых дворов № 1 и 2**

**Таблица 1 – Объемы пылегазовоздушной смеси, отбираемые системой аспирации**

| Наименование узла            | Объем отсасываемого аспирационного воздуха, тыс. м <sup>3</sup> /час |                              |                               |
|------------------------------|--|------------------------------|-------------------------------|
|                              | проектный до реконструкции   | фактический до реконструкции | проектный после реконструкции |
| Летка печи                   | 300  | 110                          | 250                           |
| Главный желоб у скиммера     | 80   | 67                           | 140                           |
| Укрытие слива шлака в ковши  | 90   | 61                           | 150                           |
| Укрытие слива чугуна в ковши | 120  | 180                          | 300                           |
| Подсосы                      | 10   | 12                           | 10                            |
| Итого                        | 600  | 430                          | 850                           |

следующие мероприятия: реконструкция электрофильтра в рукавный фильтр, замена дымососа и системы пылевыгрузки.

Реконструкция электрофильтра Lurgi Bischoff в рукавный фильтр с импульсной регенерацией ФРИР-10300 обеспечивает остаточную концентрацию пыли на выбросе из дымовой трубы не более 20 мг/м<sup>3</sup>, а также увеличение производительности системы газоудаления и газоочистки до 850 тыс. м<sup>3</sup>/час. Для этого демонтируется все внутреннее и наружное электромеханическое оборудование электрофильтра (коронирующие и осадительные электроды, механизмы встряхивания, внутренние связи и металлоконструкции), а также диффузор грязного газа и конфузор чистого газа.

При реконструкции используется корпус электрофильтра с бункерами, опорами и фундаментом. Внутри корпуса предусмотрено теплоизолирующее покрытие со съемными крышками, отделяющее рабочую зону фильтра от объема с шатром-укрытием. Взамен покрытия существующего электрофильтра на стальных балках устанавливают новую крышу шатра рукавного фильтра, а вместо демонтированного оборудования внутри корпуса электрофильтра производят монтаж оборудования рукавного фильтра (системы регенерации, ее связей, распорок, перегородок, газораспределительной решетки и фильтровальных рукавов длиной 8 м). В шатре устанавливают конструкции монорельса, ручную таль, дверные и вентиляционные проемы, электрическое оборудование, шкаф управления регенерацией, системы отопления и вентиляции. Меняют также конфигурацию и расположение диффузора грязного газа. Вместо диффузора чистого газа по бокам фильтра наращивают короба очищенного газа шириной 1,8 м.

Предусматривается следующая последовательность работ по демонтажу существующих и установке новых конструкций при реконструкции электрофильтра в рукавный фильтр:

- демонтаж участков крыши электрофильтра;
- демонтаж внутреннего оборудования электрофильтра (коронирующих и осадительных электродов, механизмов встряхивания);
- установка новых главных балок покрытия и поперечных связей;
- демонтаж верхних коробчатых ригелей, полное вскрытие крыши электрофильтра;
- демонтаж внутренних распорок;
- установка новых стоек и продольных перегородок;
- установка нижних отсечных листов (газопреграждающих перегородок) и коробов чистого газа;
- установка газораспределительных решеток в форкамерах на входе в реконструируемый рукавный фильтр;

- монтаж внутренних перекрытий в камерах рукавного фильтра, рукавных досок, систем регенерации, отсечных клапанов и др.;
- монтаж утепленного верхнего покрытия фильтра;
- монтаж конструкций покрытия с монорельсом;
- устройство дверных и вентиляционных проемов;
- устройство отопления и вентиляции шатра-укрытия фильтра;
- навешивание рукавов с проволочными каркасами;
- установка электротали в шатре рукавного фильтра.

Существующий дымосос заменяется новыми дымососами двустороннего всасывания производства ОАО «Сибэнергомаш» с подшипниковыми узлами SKF на консистентной смазке, не требующими водяного охлаждения, с электродвигателями N = 1000 кВт; n = 1000 об/мин; U = 690 В. Предусмотрена возможность изменения производительности этих дымососов (при помощи устройства частотного регулирования) в зависимости от режимов работы литейных дворов.

Замена дымососов вызвана необходимостью увеличения производительности системы газоочистки для эффективного захвата пылегазовыделений аспирационной системой.

Схема аспирационной газоочистки литейных дворов после реконструкции представлена на рис. 3.

Предусмотрена также полная замена воздуховодов (на участке от фильтра до дымососов и на нагнетательном тракте от выходов из дымососов) новыми диффузорами и сборным коллектором с подсоединением его к существующей врезке на дымовой трубе.

В системе пылеуборки проводится замена двух скребковых продольных конвейеров под корпусом фильтра и одного сборного поперечного конвейера скребковыми конвейерами фирмы Hermann Fördertechnik GmbH. Вместо наклонного конвейера устанавливается система пневмотранспорта, обеспечивающая транспортировку пыли, уловленной рукавным фильтром, в существующий накопительный бункер.

Кроме того, предусмотрено применение современных систем КИПиА и АСУ ТП, которые обеспечат постоянный контроль основных технологических параметров и механизмов газоочистки, управление регенерацией рукавных фильтров, дымососами, клапанами до и после фильтров, а также конвейерами пылеуборки.

Общий вид аспирационной газоочистки литейных дворов представлен на рис. 4.

Очистка аспирационного воздуха в реконструированном рукавном фильтре происходит следующим образом. Из межрукавного пространства фильтра запыленный газ проходит через фильтрующий материал по направлению внутрь рукава, при этом частицы пыли осаждаются

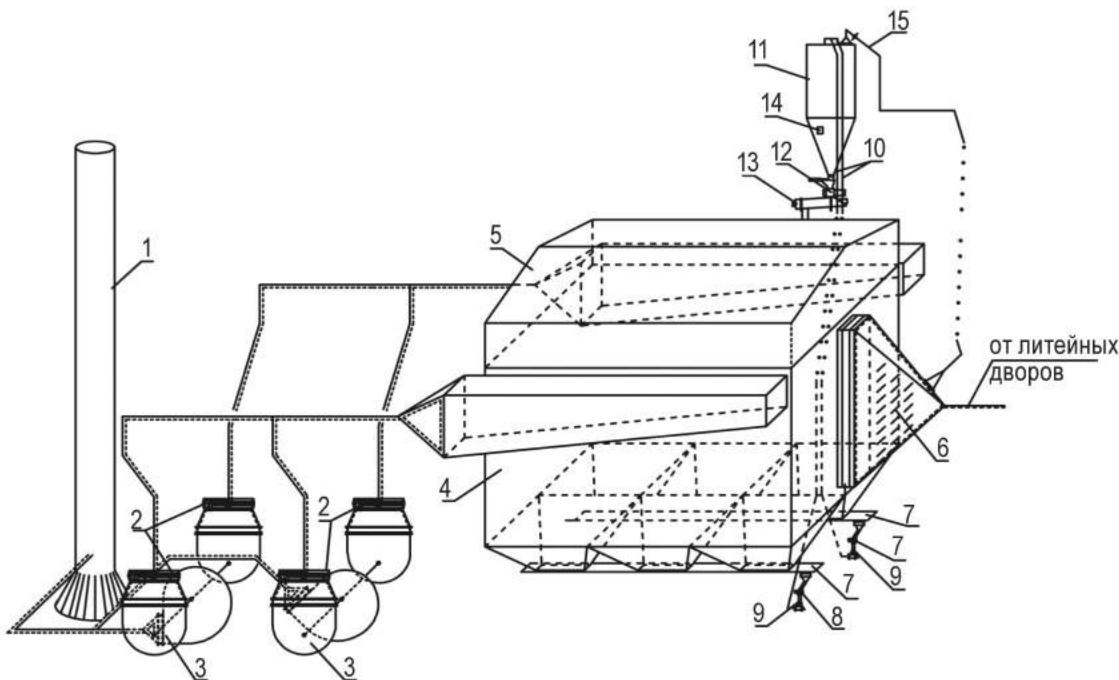


Рисунок 3 – Схема аспирационной газоочистки литейных дворов после реконструкции:

1 – дымовая труба; 2 – клапан 1400x300; 3 – дымосос ДН-26х2Ф; 4 – рукавный фильтр ФРИР-10300; 5 – шатер рукавного фильтра; 6 – искрогаситель; 7 – конвейер скребковый; 8 – шлюзовый питатель Ш5-35; 9 – пылевая воронка; 10 – трубопроводы системы пневмотранспорта; 11 – существующий накопительный бункер; 12 – шлюзовый питатель Ш5-45; 13 – увлажняющий шнек; 14 – вибратор ИВ-98; 15 – система аспирации накопительного бункера

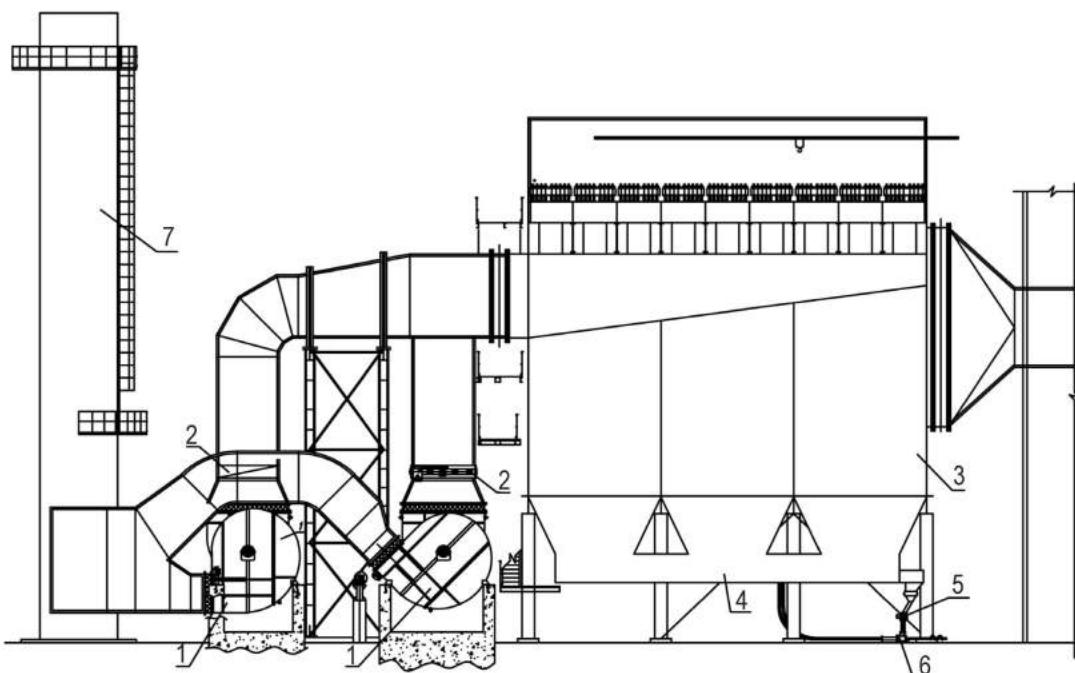


Рисунок 4 – Общий вид аспирационной газоочистки литейных дворов:

1 – дымосос ДН-26х2Ф; 2 – клапан 1400x300; 3 – рукавный фильтр ФРИР-10300; 4 – конвейер скребковый;  
5 – шлюзовый питатель Ш5-45; 6 – система пневмотранспорта; 7 – дымовая труба

на его наружной поверхности. Конструкция проволочных каркасов, установленных внутри фильтровальных рукавов, предотвращает их схлопывание при прохождении газа. Для восстановления фильтрующей способности ру-

ков их периодически подвергают посекционной регенерации путем продувки сжатым воздухом в направлении, противоположном потоку фильтруемого газа. Через определенные интервалы времени клапаны открываются для

подачи кратковременных импульсов избыточного давления воздуха величиной 0,5–0,6 МПа из распределителя в раздаточные коллекторы. Сжатый воздух через сопла раздаточных коллекторов с большой скоростью поступает в ряд фильтровальных рукавов. Для предотвращения потерь сжатого воздуха используют сопла специальной формы. Регенерируемая секция отсекается от потока фильтруемого газа отсечным клапаном. Режим регенерации зависит от эксплуатационных условий и определяется при наладке рукавного фильтра. Длительность импульсов сжатого воздуха и интервалов между ними можно регулировать с помощью устройства управления регенерацией.

При регенерации импульс сжатого воздуха вызывает инжекцию чистого газа внутрь рукавов. Ударная волна продувочного воздуха пробегает по всей длине фильтровального рукава и, отражаясь от донышка каркаса, встречается с потоком инжектированного газа, создавая соответствующее противодавление, в результате чего прилегающий к каркасу рукав резко раздувается до максимально возможного объема. Двигающиеся по инерции частицы пыли отделяются от наружной поверхности материала. Кроме того, из толщи фильтровального материала частицы пыли выдуваются потоком инжектирован-

ного чистого газа обратно в сторону грязного газа. Все рукава секций фильтра подвергаются регенерации импульсами сжатого воздуха в определенной последовательности и в соответствии с заданной программой.

Технические характеристики фильтра ФРИР-10300 аспирационной газоочистки литейных дворов ДП № 4 приведены в табл. 2.

## ВЫВОДЫ

Модернизация систем аспирации литейных дворов с реконструкцией электрофильтра в рукавный фильтр типа ФРИР является современным высокоэффективным мероприятием, обеспечивающим снижение концентрации выбросов пыли в атмосферный воздух со 159 до 20 мг/м<sup>3</sup>, что значительно ниже нормативных показателей.

Разработанные ГП «УкрНТЦ «Энергосталь» технические решения по модернизации аспирационной газоочистки литейных дворов № 1 и 2 позволяют существенно сократить капитальные затраты на реконструкцию газоочистки.

Поступила в редакцию 20.01.2014

**Таблица 2 – Технические характеристики фильтра ФРИР-10300**

| Параметр  | Величина  |
|---|-----------|
| Производительность по очищаемому аспирационному воздуху, тыс. м <sup>3</sup> /час                 | 850       |
| Удельная газовая нагрузка, м <sup>3</sup> /(м <sup>2</sup> · мин)                                 | 1,375     |
| Площадь фильтрования, м <sup>2</sup>  | 10300     |
| Температура очищаемого газа, °С   | 80–130    |
| Массовая концентрация пыли на входе в фильтр, г/м <sup>3</sup>                                    | 1,5–2,0   |
| Запыленность газа после фильтра, мг/м <sup>3</sup>  | ≤ 20      |
| Гидравлическое сопротивление фильтра, Па  |           |
| • оптимальное   | 2000      |
| • допустимое рабочее  | 2500      |
| Давление сжатого воздуха, МПа   | 0,5–0,6   |
| Расход сжатого воздуха в нормальных условиях, нм <sup>3</sup> /час                                | 1200      |
| Количество рукавов фильтровальных, шт.  | 3240      |
| Размеры рукава фильтровального, мм  |           |
| • диаметр наружный  | 133       |
| • длина   | 8000      |
| Разрежение, Па  |           |
| • перед рукавным фильтром   | 2700–3000 |
| • после рукавного фильтра в рабочем режиме (при гидравлическом сопротивлении фильтра 2500 Па)     | 5000–5500 |
| Общее количество отсечных клапанов, шт.   | 18        |
| Общее количество продувочных клапанов, шт.  | 32        |
| Дымосос двустороннего всасывания ДН-26х2 ФК с электродвигателем 1000 кВт, 1000 об/мин, 690 В, шт. | 2         |

Розглянуто комплексний проект з модернізації систем аспірації ливарних дворів № 1 і 2 доменної пічі № 4 у ПАТ «МК «Азовсталь» з реконструкцією аспіраційної газоочистки і переобладнанням електрофільтру у високоефективний рукавний фільтр з імпульсною ретенерацією конструкції і виготовлення ДП «УкрНТЦ «Енергосталь», що забезпечує залишкову запиленість викидів не більше 20 мг/м<sup>3</sup>.

One be examined complex project for modernization of aspirating systems of casthouses No.1 and 2 of blast furnace No. 4 at PJSC "MK "AZOVSTAL" with reconstruction of aspirating gas cleaning and reequipment of electric filter into high-capacity bag filter with impulse regeneration constructed and manufactured by SE "UkrRTC "Energostal" and providing rest dust content of emissions no more than 20 mg/m<sup>3</sup>.