

УДК 66.074.6+669.162.252

М. Н. ШВЕЦ, начальник отдела, **Д. В. СТАЛИНСКИЙ**, канд. техн. наук, генеральный директор,
А. Ю. ПИРОГОВ, зам. генерального директора
УкрГНТЦ «Энергосталь», г. Харьков

ОЧИСТКА ГАЗОВ ОТКРЫТЫХ ФЕРРОСПЛАВНЫХ ПЕЧЕЙ

УкрГНТЦ «Энергосталь» разработаны и внедрены высокоэффективные сухие газоочистки открытых ферросплавных печей с рукавными фильтрами с импульсной регенерацией. Разработанные и изготавливаемые УкрГНТЦ «Энергосталь» рукавные фильтры типа ФРИР имеют значительные преимущества перед напорными фильтрами с обратной продувкой.
рудовосстановительные печи, напорный фильтр, обратная продувка, избыточный напор, импульсная регенерация, газовая нагрузка, рукав, ФРИР, окомкование

Открытые рудовосстановительные ферросплавные печи на ферросплавных заводах являются мощными источниками выбросов пыли в атмосферу.

Для сухой очистки газов открытых ферросплавных печей в течение длительного времени в СНГ и в развитых зарубежных странах применялись рукавные филь-

тры с обратной продувкой, в основном, напорного типа [1–4].

Такие фильтры конструкции ПТП «Ювэнергочермет», института «Гипросталь» и зарубежных фирм были сооружены, введены в эксплуатацию и в настоящее время эксплуатируются на Челябинском электрометал-

© М. Н. Швец, Д. В. Сталинский, А. Ю. Пирогов



лургическом комбинате, Никопольском, Стахановском, Запорожском, Зестафонском, Кузнецком, Ермаковском и других заводах ферросплавов.

Напорный рукавный фильтр с обратной продувкой работает под избыточным давлением, создаваемым дымососом, установленным перед фильтром на линии «грязного», запыленного газа.

Фильтрация запыленного газа через фильтроматериал рукавов происходит за счет избыточного напора дымососа. Очищенный газ выбрасывается в атмосферу через жалюзийные решетки или вытяжные трубы, установленные над фильтром. Фильтровальные рукава длиной 9600 мм и диаметром 300 мм снабжены по высоте распорными кольцами и закреплены между нижней и верхней рукавными плитами.

Регенерация рукавов осуществляется обратной продувкой. Патрубки и клапаны для ввода грязного газа и продувочного воздуха расположены в нижней бункерной части фильтра.

Удельная газовая нагрузка на фильтроткань в напорных фильтрах с обратной продувкой составляет в среднем $0,5 \text{ м}^3/\text{м}^2\text{мин}$.

Напорные рукавные фильтры при надлежащем обслуживании обеспечивают эффективную очистку газов открытых ферросплавных печей до остаточного пылесодержания $20 \text{ мг}/\text{м}^3$, однако имеют ряд серьезных эксплуатационных и конструктивных недостатков.

Альтернативным решением по очистке газов ферросплавных печей является применение высокопроизводительных всасывающих фильтров с импульсной регенерацией, относящихся к последним достижениям в области фильтровальной техники пылеулавливания.

Рукава, изготовленные из высокопрочного фильтровального материала типа «полиэфирный фетр с каркасом из филаментных нитей», устанавливаются на рукавной плите с применением проволочных каркасов внутри рукавов, предотвращающих сминание фильтровальной ткани под действием разрежения. Закрепление рукавов проводится с одной стороны в верхней части фильтра. Регенерация рукавов осуществляется путем односторонней импульсной продувки осушенным сжатым воздухом при помощи клапанов с повышенным быстродействием.

Фильтры с импульсной регенерацией, обеспечивая более высокую степень очистки от пыли по сравнению с другими типами рукавных фильтров, имеют в 1,5–2 раза меньшие габариты за счет большей удельной газовой нагрузки, достигающей $1,5\text{--}2 \text{ м}^3/\text{м}^2\text{мин}$.

В странах СНГ импортные рукавные фильтры с импульсной регенерацией установлены и эксплуатируются в течение многих лет на ряде промышленных объектов.

За 100-тонными электропечами в ЭСПЦ Белорусского метзавода в г. Жлобине и за 150-тонными электропечами в ЭСПЦ Волжского трубного завода в г. Волжске установлены и успешно эксплуатируются высокоэффективные рукавные фильтры фирм «Лурги» и «Флект» производительностью соответственно 700 тыс. $\text{м}^3/\text{час}$ и 1000 тыс. $\text{м}^3/\text{час}$ каждый с импульсной односторонней регенерацией осушенным сжатым воздухом. Фильтры снабжены рукавами длиной 5,1 м и 6 м, изготовленными из высокопрочного иглопробивного фетра с высокой воздухопроницаемостью. Фильтры отличаются простотой конструкции и обслуживания. Замена рукавов проста, нетрудоемка и проводится через камеру очищенного газа без доступа внутрь аппарата. Установка фильтров компактна, не требует отапливаемых зданий; отапливается только верхняя галерея, где размещена система импульсной регенерации.

Импортные рукавные фильтры с импульсной регенерацией разных типоразмеров успешно и эффективно работают также на Саяногорском алюминиевом комбинате, Чебоксарском тракторном заводе, Сумском ПО имени Фрунзе.

Указанные рукавные фильтры были установлены в 1983–1986 гг. и успешно эксплуатируются уже более 20 лет.

В последние годы в ЭСПЦ ЗАО «Истил» (г. Донецк) за мощной 120-тонной электропечью был установлен рукавный фильтр с импульсной регенерацией фирмы «Даниели» производительностью до 1,5 млн $\text{м}^3/\text{час}$ с рукавами длиной 7 м.

В ЭСПЦ ОАО «Новокузнецкий меткомбинат» фирмой «Тесоаег» была осуществлена реконструкция существующих газоочисток двух 100-тонных электросталеплавильных печей с заменой электрофильтров высокопроизводительными рукавными фильтрами с импульсной регенерацией с рукавами длиной 7 м.

УкрГНТЦ «Энергосталь» были разработаны, освоены и изготавливаются высокоэффективные, высокопроизводительные рукавные фильтры с импульсной регенерацией типа ФРИР, соответствующие по техническому уровню конструкциям рукавных фильтров ведущих иностранных фирм [5, 6]. Первый головной фильтр типа ФРИР-7000 был разработан и изготовлен УкрГНТЦ «Энергосталь» для 50-тонной электросталеплавильной печи № 5 в ЭСПЦ-2 метзавода «Днепроспецсталь», г. Запорожье. Фильтр ФРИР-7000 производительностью $500000 \text{ м}^3/\text{час}$ успешно эксплуатируется с марта 1989 г., обеспечивая надежную работу и эффективную очистку газов до остаточного пылесодержания не более $20 \text{ мг}/\text{м}^3$. К настоящему времени УкрГНТЦ «Энергосталь» разработаны и поставлены на предприятия металлургических,

машиностроительных и других производств ~70 рукавных фильтров с импульсной регенерацией разных типов и размеров, которые работают эффективно и надежно.

Разработан, изготовлен и внедрен целый ряд типовых размеров новых рукавных фильтров с импульсной регенерацией в ферросплавном производстве. Газоочистки с фильтрами ФРИР-5600 производительностью 500 тыс. м³/час за шестью мощными ферросплавными электропечами № № 41–46 в цехе № 4 Ермаковского завода ферросплавов по проекту УкрГНТЦ «Энергосталь» поставлены и введены в эксплуатацию с 1991 г. по 1993 г.

В 1992–1995 гг. по проекту УкрГНТЦ «Энергосталь» введены в эксплуатацию и успешно эксплуатируются газоочистки с фильтрами ФРИР-4000 производительностью по 400 тыс. м³/час за печами № № 4–6 на Серовском заводе ферросплавов, в 1996–1998 гг. – газоочистки с фильтрами ФРИР-4600 за печами № № 21–28 цеха № 3 Запорожского завода ферросплавов (рис. 1, 2).

В 2005–2006 гг. в цехе № 1 ОАО «Серовский завод ферросплавов» по проекту УкрГНТЦ «Энергосталь» введены в эксплуатацию газоочистки печей № № 2 и 3 с фильтрами ФРИР-5600 производительностью 500000 м³/час (рис. 3). Заканчивается строительство аналогичной газоочи-

тки для печи № 1. По проекту УкрГНТЦ «Энергосталь» также сооружены и эксплуатируются газоочистки печей № № 21, 22 в цехе № 5 ОАО «Челябинский электроталлургический комбинат» с двумя двухкамерными рукавными фильтрами 1120x2 м² производительностью по 200000 м³/час (рис. 4, 5). Последнее внедрение рукавных фильтров с импульсной регенерацией в ферросплавном производстве – это установка и пуск двух фильтров ФРИР производительностью 550000 м³/час с рукавами длиной 6,14 м за печами № № 5, 6 на Стахановском заводе ферросплавов в 2005–2006 гг.

По данным инструментальных замеров остаточная запыленность газов после фильтров не превышает 10 мг/м³.

Технологические параметры работы газоотводящих трактов и рукавных фильтров ферросплавных печей зависят от вида выплавляемого ферросплава (ферросилиций, феррохром, силикомарганец, ферромарганец и др.), мощности рудотермической печи, подключения к газоочисткам аспирационных систем и пр.

Многолетний опыт промышленной эксплуатации рукавных фильтров с импульсной регенерацией конструкции УкрГНТЦ «Энергосталь» за ферросплавными

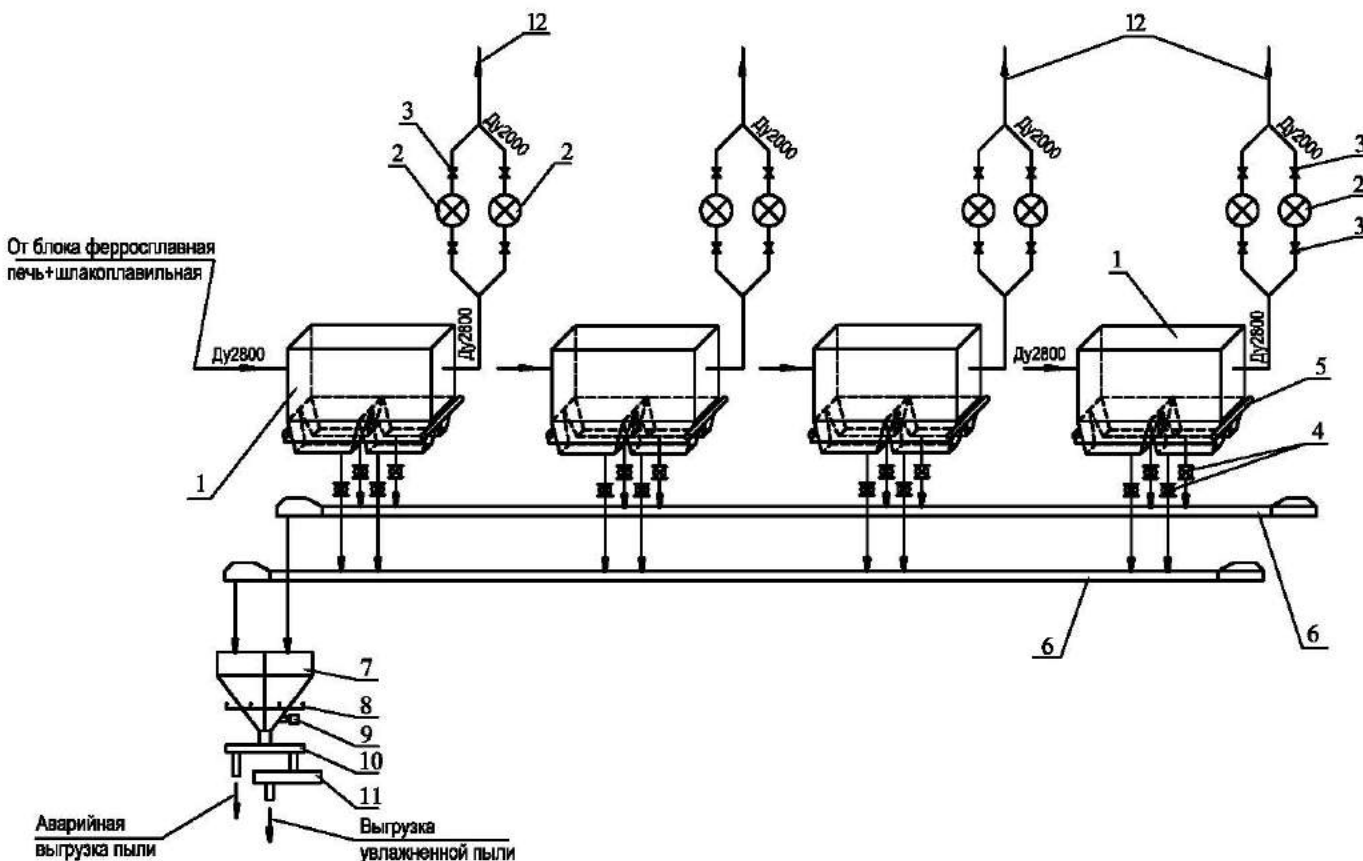


Рис. 1. Схема газоочисток печей № № 21–28 в цехе № 3 ОАО «Запорожский ферросплавный завод»:

1 – рукавный фильтр ФРИР-4600Ф; 2 – дымососы ДН-26ГМ; 3 – отключающие дроссельные клапаны; 4 – шлюзовые питатели; 5 – система пневмообрушения бункеров рукавных фильтров; 6 – скребковые конвейеры; 7 – сборный бункер пыли; 8 – система пневмообрушения сборного бункера пыли; 9 – вибратор; 10 – винтовой питатель; 11 – смеситель-увлажнитель пыли; 12 – дымовая труба

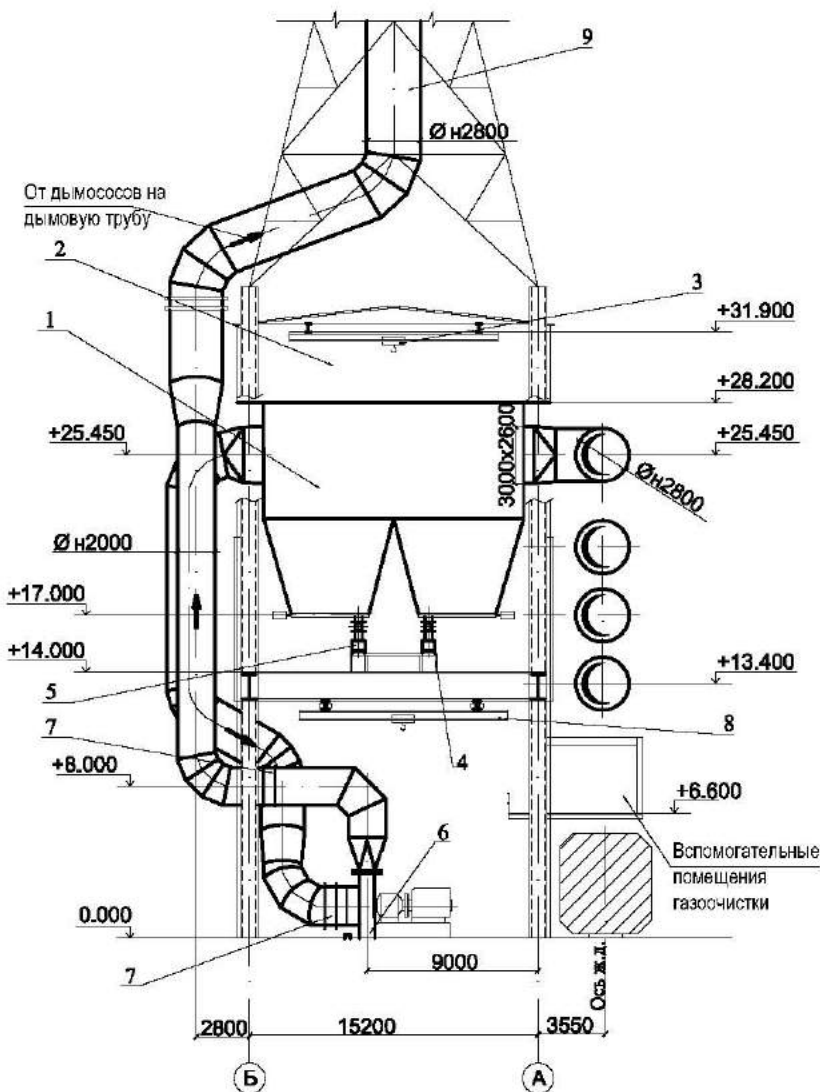


Рис. 2. Установка газоочисток печей № № 21–28

в цехе № 3 ОАО «Запорожский ферросплавный завод»:

1 – рукавный фильтр ФРИР-4600Ф; 2 – шатер-укрытие рукавных фильтров; 3 – кран-балка над фильтрами; 4 – шлюзовые питатели; 5 – скребковые конвейеры; 6 – дымососы ДН-26 ГМ; 7 – отключающие клапаны; 8 – кран-балка над дымососами; 9 – дымовая труба

печами показал их высокую эффективность, надежность и ряд серьезных преимуществ перед напорными фильтрами.

К недостаткам напорных фильтров с обратной продувкой в сравнении с высокопроизводительными современными рукавными фильтрами с импульсной регенерацией относятся следующие:

- скорость фильтрации (удельная газовая нагрузка) 0,4–0,6 м³/м² мин у напорных фильтров в 3–4 раза меньше, чем у фильтров с импульсной регенерацией (ФРИР), что соответственно увеличивает габариты, материалоемкость и капитальные затраты на газоочистку.

В ферросплавном производстве СНГ фильтры с импульсной регенерацией вытеснили напорные фильтры в значительной мере, потому что они размещались в тех

габаритах, в которых разместить напорные фильтры невозможно.

- напорные фильтры работают под давлением дымососов 3000–3500 Па. Пылевые бункеры, напорные газоходы и пылетранспорт, находящиеся под таким давлением, – должны быть максимально герметичны. Даже при небольших неплотностях в подбункерное помещение выбивается запыленный газ и загрязняет помещение;
- все ремонтные операции эксплуатационного персонала по ревизии и замене рукавов должны проводиться внутри фильтра в запыленном, загазованном пространстве. Рукава напорных фильтров имеют двухстороннее крепление (вверху и внизу) в отличие от фильтров с импульсной регенерацией.

Трудоемкость замены рукавов у напорных фильтров значительно выше, чем у фильтров с импульсной регенерацией.

- для регенерации рукавов в напорных фильтрах используется большое количество постоянно действующих механизмов – клапанов обратной продувки с пневмоцилиндрами, отсутствующих у фильтров с импульсной регенерацией;

- газоочистки с напорными фильтрами не имеют сосредоточенного выброса газов после очистки через высокую дымовую трубу. Выброс рассредотачивается на верхней отметке фильтра через жалюзийные проемы или через вытяжную трубу небольшой высоты.

После фильтров с импульсной регенерацией очищенные газы выбрасываются в атмосферу через дымовую трубу любой требуемой высоты.

- в газоочистках с напорными фильтрами дымососы устанавливаются на грязном газе и подвержены абразивному износу, залипанию и разбалансировке.

В газоочистках с фильтрами с импульсной регенерацией – дымососы расположены на очищенном газе после фильтров.

ж) за последние 20 лет практически все поставленные в СНГ иностранными фирмами рукавные фильтры для электрометаллургических агрегатов – это фильтры с импульсной регенерацией, представляющие современный мировой уровень техники пылеулавливания.

Уловленная в рукавных фильтрах пыль из «щелевых» пирамидальных бункеров фильтров выгружает-

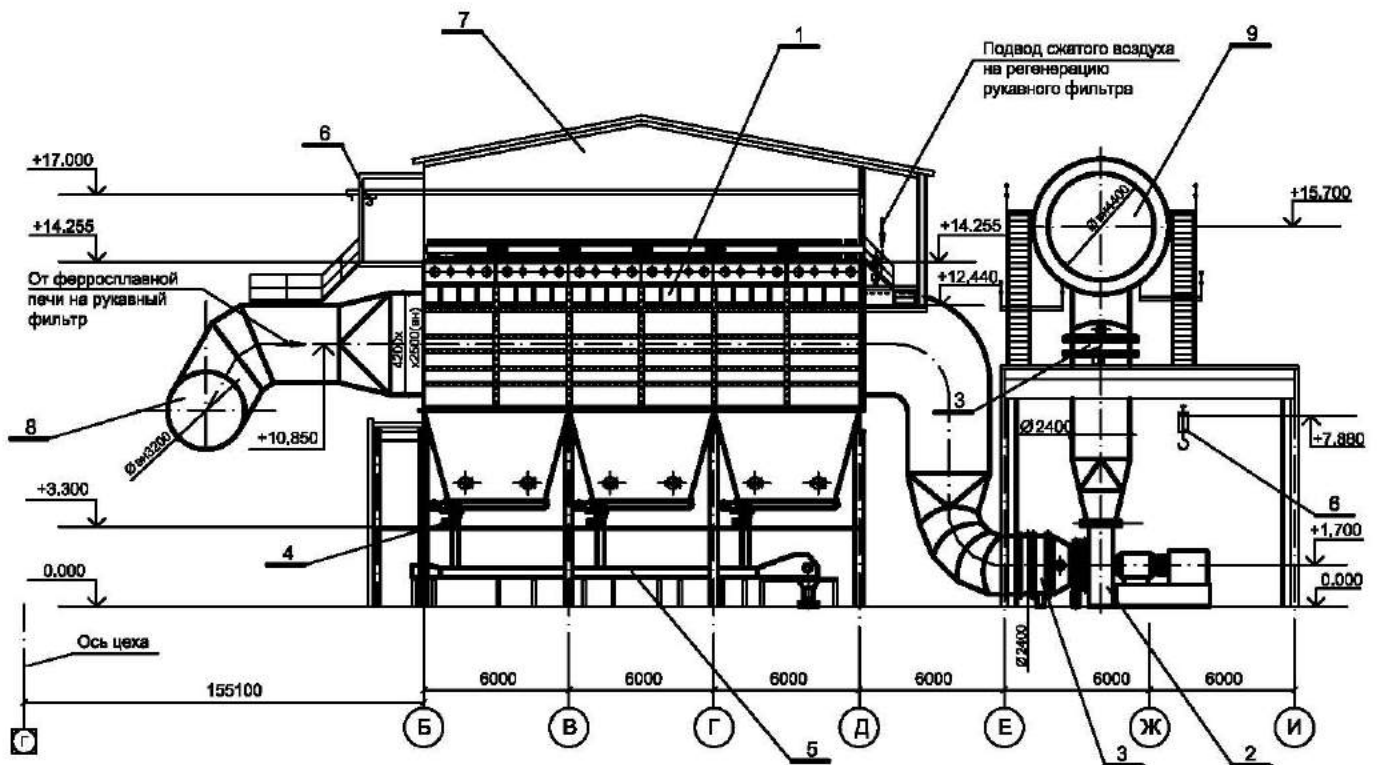


Рис. 3. Газоочистка ферросплавной печи в цехе № 1 ОАО «Серовский завод ферросплавов»:

- 1 – рукавный фильтр ФРИР-5600; 2 – дымосос ВВР-22; 3 – дроссельный клапан; 4 – шлюзовый питатель; 5 – скребковый конвейер; 6 – электрическая таль; 7 – шатер рукавного фильтра; 8 – газоход «грязного» газа; 9 – газоход «чистого» газа

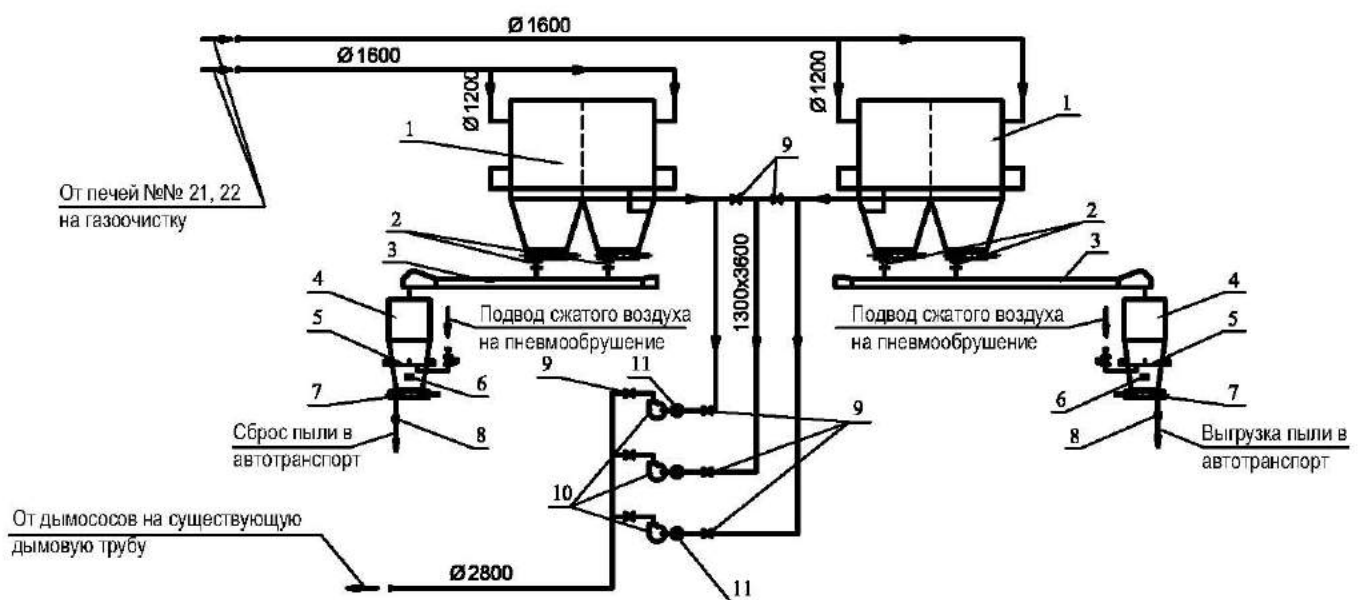


Рис. 4. Схема газоочистки за печами № № 21, 22 цеха № 5 АО «Челябинский электрометаллургический комбинат»:

- 1 – двухкамерный рукавный фильтр Ф-2-1120; 2 – шлюзовые питатели; 3 – скребковые конвейеры; 4 – сборный бункер пыли; 5 – система пневмообрушения пыли; 6 – вибратор; 7 – винтовой питатель; 8 – телескопическое пылевыгрузное устройство; 9 – отключающие клапаны; 10 – дымососы ДН-26-ГМ; 11 – направляющие аппараты дымососов

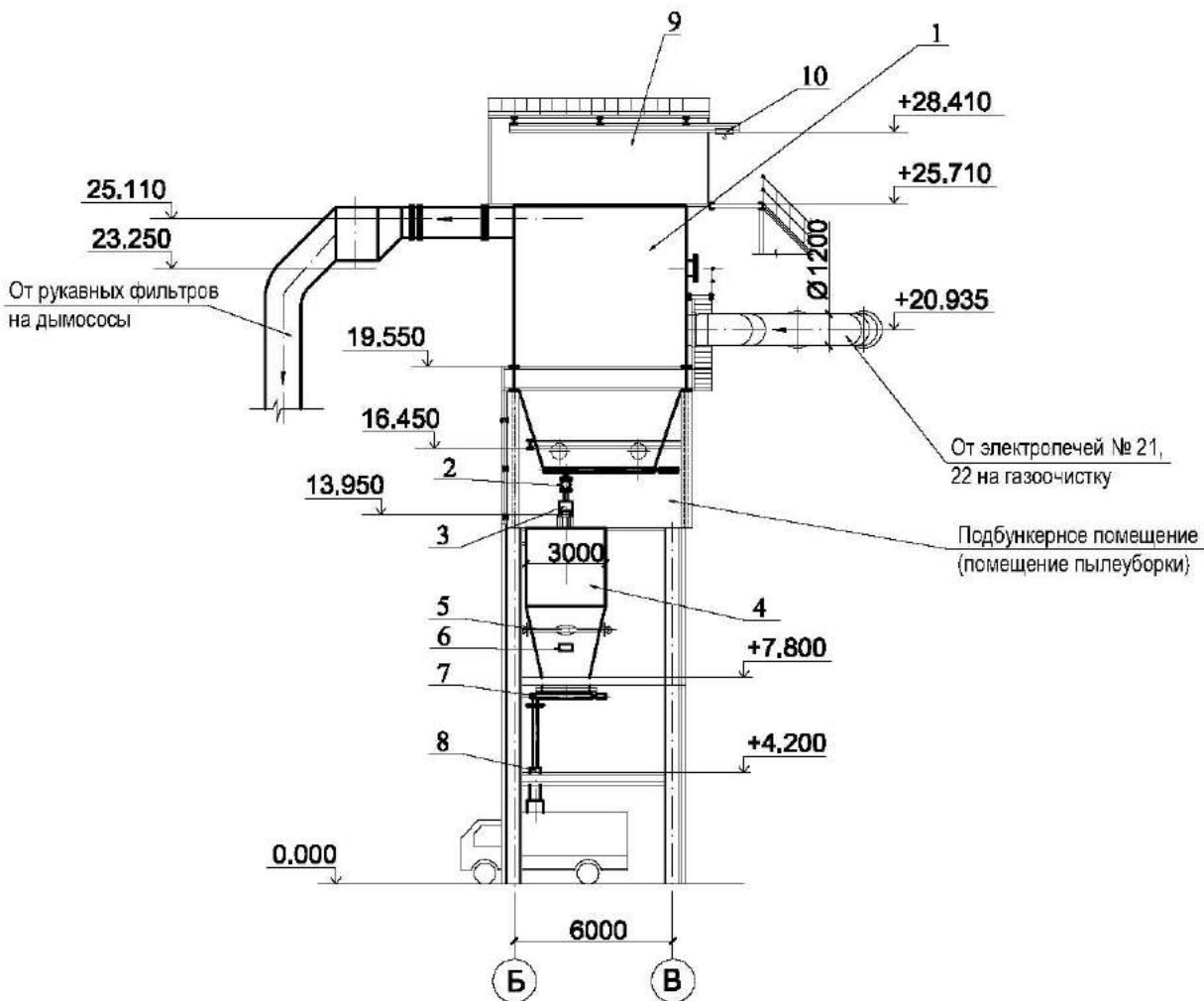


Рис. 5. Установка газоочистки за электропечами № № 21, 22 цеха № 5 АО « Челябинский электрометаллургический комбинат »:

1 – двухкамерный рукавный фильтр Ф-2-1120; 2 – шлюзовые питатели; 3 – скребковые конвейеры; 4 – сборный бункер пыли; 5 – система пневмообрушения пыли; 6 – вибратор; 7 – винтовой питатель; 8 – телескопическое пылевыгрузное устройство; 9 – шатер рукавного фильтра; 10 – монорельс с электроталью

ся через шлюзовые питатели на скребковые конвейеры, расположенные под рукавными фильтрами, и далее поступает в сборный бункер. Из сборного бункера реверсивным винтовым питателем ферросплавная пыль подается в двухвальную лопастной смеситель, в котором производится увлажнение и микроокомкование пыли. Из смесителей увлажненная пыль выгружается в автотранспорт. Реверсивность винтового питателя позволяет, при необходимости, выгружать пыль в автотранспорт в обвод смесителя через байпасную течку посредством телескопического пылевыгрузочного устройства или гибкого рукава.

На Запорожском и Стахановском заводах ферросплавов по проекту института «Гипросталь» сооружены и эксплуатируются централизованные установки окомкования пыли с чашевыми окомкователями диаметром 3 м.

Для установки газоочисток ферросплавных печей предусматриваются следующие технические и конструктивно-компоновочные решения:

- рукавные фильтры с системой пылеуборки устанавливаются на опорных постаментах на отметке 0.000 (при «нулевой» компоновке) либо над дымососным отделением (при высотной компоновке);
- бункерные части фильтров и системы пылеудаления размещаются в закрытом подбункерном помещении;
- корпуса рукавных фильтров устанавливаются открыто, вне помещений, верхняя часть (крышка) рукавного фильтра с системой регенерации, арматурой и устройствами автоматического управления укрывается отапливаемым утепленным шатром-укрытием;
- перед рукавными фильтрами на подводящих газотоках устанавливаются клапаны подсоса атмосферного воздуха для автоматического регулирования температуры газов и защиты рукавов от недопустимого повышения температуры газов;
- в качестве тягодутьевых машин за рукавными фильтрами устанавливаются дымососы ДН-26ГМ либо

вентиляторы ВВР-22 (в зависимости от расчетного аэродинамического сопротивления газового тракта и газоочистки).

Ниже приведены основные усредненные параметры газоочистки ферросплавной печи мощностью 16,5–23 МВА:

Количество газов перед рукавным фильтром, м ³ /час	350000—500000
Температура газов перед рукавным фильтром, °С	до 145
Удельная газовая нагрузка на фильтровальный материал, м ³ /м ² мин	до 1,5
Запыленность газов перед очисткой, г/м ³	до 2,0
Остаточная запыленность газов после очистки в рукавном фильтре, мг/м ³	до 20
Расход осушенного сжатого воздуха на импульсную регенерацию рукавного фильтра, нм³ сжатого воздуха	1,5–2
1000 м³ очищаемого газа	
Давление сжатого воздуха, МПа	0,6
Фильтровальные рукава:	
Тип фильтроматериала	Иглопробивной полиэфирный фетр с каркасом из филаментных нитей
Диаметр рукава, мм	133
Длина рукава, мм	5140 6140
Дисперсный состав пыли, %	до 1мкм – 58 1–5мкм – 37 >5мкм – 5
Насыпной вес пыли, т/м ³	0,35–0,65

К выявившимся при эксплуатации газоочисток недостаткам относится отсутствие перед рукавными фильтрами искроуловителей, что необходимо при установке рукавных фильтров вблизи ферросплавных печей.

В связи с осуществляемым в настоящее время и планируемым в перспективе переводом большого количества закрытых ферросплавных печей на работу в открытом режиме, а также строительством установок новых ферросплавных печей, опыт УкрГНТЦ «Энергосталь»

по разработке и внедрению газоочисток с фильтрами с импульсной регенерацией типа ФРИР за открытыми ферросплавными печами является актуальным и востребованным.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Эксплуатация рукавных фильтров на заводах черной металлургии / В. И. Казюта, С. Б. Старк, Ю. Д. Глебов и др. // Черная металлургия: Бюллетень НТИ. – 1988. – Вып. 7. – С. 15–30.
2. Очистка организованных и неорганизованных выбросов ферросплавного производства в тканевых фильтрах / Н. В. Моцарь, П. А. Мищенко, В. И. Казюта и др. // Черная металлургия: Бюллетень НТИ. – 1983. – № 10. – С. 44–45.
3. Erksen E. Совершенствование процесса пылеулавливания и повышение экономичности рукавных фильтров при очистке отходящих газов ферросплавных печей. Защита воздушного и водного бассейнов от выбросов металлургических заводов // Экспресс-информация. Черметинформация. Серия «Общепромышленные вопросы. Защита воздушного и водного бассейнов». – 1987. – Вып. – С. 9–11.
4. Касимов А. М., Ровенский А. И., Максимов Б. Н. Пылегазовые выбросы при производстве основных видов ферросплавов. – Москва: Металлургия, 1988. – С. 109.
5. Швец М. Н. Улавливание и очистка технологических газов и неорганизованных выбросов электросталеплавильных печей // Экология и здоровье человека. Охрана водного и воздушного бассейнов. Утилизация отходов: Сборник научных статей XI Международной научно-технической конференции / УкрГНТЦ «Энергосталь». В 2-х т. Том 2. – Харьков: Курсор, 2003. – С. 170–176.
6. Унифицированный рукавный фильтр с импульсной регенерацией типа «ФРИР» для сухого обеспыливания технологических и аспирационных газовых выбросов / А. В. Ерохин, Г. В. Витер, А. Н. Подоляка и др. // Металлургическая и горнорудная промышленность. – 1998. – № 2. – С. 130–132.

Поступила в редакцию 02.03.2006

УкрДНТЦ «Енергосталь» розроблені і впроваджені висакофективні сухі газоочистки відкритих ферросплавних печей з рукавними фільтрами з імпульсною регенерацією. Розроблені УкрДНТЦ «Енергосталь» рукавні фільтри типу ФРІР мають значні переваги перед напірними фільтрами зі зворотною продувкою.

UkrSSEC «Energostal» has engineered and introduced highly effective dry gas purifications of open ferroalloy furnaces with bag filters with pulse regeneration (BFPR). Bag filters, such as BFPR, developed and being produced by UkrSSEC «Energostal» have significant advantages in comparison with pressure filters with a back blow-down.