

**М. А. Кашцев /к. т. н./**Днепровский государственный технический университет, ООО «Приднепровский механический завод», г. Каменское, Украина  
e-mail: pmz@pmz.dp.ua**В. А. Влади**ООО «Конструкторское бюро «ВАВ», г. Каменское, Украина  
e-mail: cb-vav-dp@ya.ru**С. В. Манзенко**ООО «Конструкторское бюро «ВАВ», г. Каменское, Украина  
e-mail: cb-vav-dp@ya.ru**Е. М. Кашцев**ООО «Приднепровский механический завод», г. Каменское, Украина  
e-mail: pmz@pmz.dp.ua

## Преимущества и недостатки применения рукавных фильтров в агломерационном производстве и технические решения по повышению эффективности газоочистки

**M. A. Kashcheiev /Cand. Sci. (Tech.)/**Dnieper State Technical University, LLC «Pridneprovsky Mechanical Plant», Kamenskoe Ukraine  
e-mail: pmz@pmz.dp.ua**V. A. Vladi**LLC «Ingeniring Burea "VAV"», Kamenskoe Ukraine  
e-mail: cb-vav-dp@ya.ru**S. V. Manzenko**LLC «Ingeniring Burea "VAV"», Kamenskoe Ukraine  
e-mail: cb-vav-dp@ya.ru**E. M. Kashcheiev**LLC «Pridneprovsky Mechanical Plant», Kamenskoe Ukraine  
e-mail: pmz@pmz.dp.ua

## Advantages and disadvantages of using sucker filters in sinter production and technical solutions for improving the efficiency of gas cleaning

***Цель.** Анализ работы существующего оборудования по очистке агломерационных газов, на основании которого предложены технические решения по повышению эффективности газоочистки.*

***Методика.** Аналитический анализ работы рукавных фильтров, разработка оборудования для повышения эффективности газоочистки.*

***Результаты.** На основании анализа преимуществ и недостатков в эксплуатации существующих рукавных фильтров предложено 2 варианта технических решений с использованием разработанного нами оборудования для повышения эффективности газоочистки агломерационных газов.*

***Научная новизна.** При разработке нового оборудования использовалась новая методика расчета скоростных полей внутри инерционного аппарата и электрофильтра с целью получения максимального осаждения пыли и минимального сопротивления в коллекторе.*

***Практическая значимость.** Предложено два варианта технических решений по повышению эффективности газоочистки в агломерационном производстве.*

*Первый вариант. Установить перед рукавным фильтром инерционный аппарата «VAV» грубой очистки газов, что позволяет повысить эффективность работы рукавного фильтра, при этом эксплуатационные расходы на функционирование рукавных фильтров, хоть и значительно снижаются, но все же остаются.*

*Второй вариант. Реконструкция второй ступени очистки путем замены рукавных фильтров на аппарат тонкой очистки «VAV», что позволяет иметь выбросы в атмосферу до 30 мг/м<sup>3</sup> при этом после наладки аппарата исключить практически все эксплуатационные расходы. (Библиогр.: 11 назв.)*

**Ключевые слова:** рукавный фильтр, агломерационная машина, выбросы пыли, аппараты грубой и тонкой очистки.

**Введение.** Рукавные фильтры – широко распространенные и эффективные аппараты пылеулавливания. Их применяют для отделения пыли от газов и воздуха в различных отраслях промышленности в черной и цветной металлургии, химической и нефтяной промышленности, промышленности строительных материалов, в текстильной, пищевой промышленности и т. д. [1–3].

Рукавные фильтры представляют собой аппараты с корпусами прямоугольной или круглой формы. Внутри корпусов подвешены рукава диаметром от 100 до 300 мм, высотой от 0,5 до 10 м. Фильтрация газов осуществляется пропусканием запыленной среды через ткань рукава. После того как на фильтрующей поверхности накопится слой пыли, гидравлическое сопротивление которого составляет предельно допустимую величину, проводят регенерацию рукавов [4–6].

#### **Преимущества и недостатки применения рукавных фильтров в агломерационном производстве**

Наиболее распространены рукавные фильтры с гибкими пористыми перегородками. Для рукавов используются как натуральные (хлопок, шерсть), так и синтетические ткани. Предпочитают использовать синтетику: так как фильтры из хлопка применимы при температуре от 0 до 100 °С, а синтетику легче обслуживать, ремонтировать, монтировать и т. п. Стекловолокно используют при температурах от 0 до 250 °С. Недостаток таких фильтров – это их хрупкость [7; 8].

К числу достоинств рукавных фильтров можно отнести следующее:

1. Высокая степень очистки газов от пыли (эффективность до 99 %);

2. Небольшая чувствительность фильтров к фракционному составу пыли.

Достаточная степень очистки промышленных газов в мировой практике достигается в настоящее время в фильтрах со стеклотканевыми рукавами. В этой области достигнуты определенные успехи, но и тканевые рукавные фильтры имеют серьезные недостатки, которые резко усиливаются при использовании их в агломерационном производстве, где необходима очистка громадного количества (более 400000 м<sup>3</sup>/час) высокозагрязнённых (более 6 г/м<sup>3</sup>) отходящих газов [9; 10].

1. Низкая скорость очистки влечет за собой необходимость иметь большие габариты филь-

тров, что предопределяет отдельные здания и сооружения для установки рукавных фильтров.

2. Быстрый износ материалов рукавов (что может вызвать ненадежность работы фильтров). Повреждения рукавов, при эксплуатации, наблюдается 1 раз в 1,5–2 месяца. При повреждении 1 рукава содержание пыли в выбросах возрастает с 5 до 20 мг/м<sup>3</sup>. Длина рукава более 4 метров, его натягивают на металлический каркас. Повреждаются рукава, как правило, в местах соприкосновения с металлическим каркасом при импульсной очистке рукава. Импульсная очистка производится через каждые 90 секунд. Когда рукав протирается, он заполняется пылью снизу до поврежденного места, а если оно находится в верхней части рукава, то из-за тяжести его невозможно вытащить вручную, поэтому приходится настраивать пылесосную установку для отсоса пыли из рукава, что требует времени. В рукавных фильтрах на агломашинах количество рукавов составляет более 1200 шт., поиск поврежденных рукавов занимает большое время, так как обнаружить поврежденный рукав можно только при визуальном осмотре, а это требует вскрытия секций и поочередной выемки всех рукавов. Монтаж новых комплектов и демонтаж изношенных рукавов выполняются вручную (операции неподдающиеся механизации).

3. Необходимость обогрева системы рукавного фильтра. Для предупреждения конденсации на ткани паров воды необходимо устанавливать фильтры в отапливаемых помещениях и изолировать их вместе с трубопроводом. В зимние месяцы следует продувать камеры фильтра подогретым воздухом. При очистке влажных газов на фильтрующей ткани происходит конденсация паров воды, при этом ткань замазывается и теряет свои фильтрующие свойства.

4. При встряхивании из фильтра удаляется не вся пыль, вследствие чего рукава необходимо дополнительно очищать в среднем через каждые 3 месяца.

5. Большое аэродинамическое сопротивление рукавных фильтров (до 2000 Па), что в 4–5 раз превышает такой показатель у электрофильтров, требует создания большого разряжения для работы фильтров, при этом необходимо увеличивать мощность дымососов, что приводит к увеличению расходов электрической энергии.

6. Ограничение по температуре от 130–140 °С так как возможно возгорание рукавов при попадании на них искр.

### **Технические решения по повышению эффективности газоочистки в агломерационном производстве**

Учитывая приведенные выше недостатки, нами предлагаются 2 варианта технических решений по повышению эффективности газоочистки в агломерационном производстве.

#### **1-й вариант**

Ввести 1-ю ступень грубой очистки газов путем установки в габаритах коллектора агломашины инерционного аппарата «VAV» перед рукавным фильтром.

Данное техническое решение имеет практические применения. В декабре 2015 г. инерционный аппарат «VAV-250-АФК» был установлен в корпус газового коллектора агломерационной машины № 12 цеха № 2 аглофабрики ПАО «ДМК» г. Каменское. По результатам замеров запыленность на выходе из аппарата составило 920,00 мг/нм<sup>3</sup> при входящей запыленности не менее 3000,00 мг/нм<sup>3</sup>. [11]

Преимущество модернизации первой ступени:

- Сокращение износа пыли из газового коллектора на более чем 50 % за счет осаждения в инерционном аппарате крупнодисперсной фракции до 20 мкм.

- Увеличение доли крупнодисперсной фракции в общей массе уловленной пыли для возврата в производство из газового коллектора.

- Установка инерционного аппарата перед рукавным фильтром снижает пылевую нагрузку более чем в 2 раза. Это позволяет снизить габариты рукавного фильтра. При этом появляется возможность использования одного фильтра на 2–3 агломерационные машины.

- Увеличить эксплуатационный срок использования фильтровальных мешков (рукавов).

- Уменьшить нагрузку на тягодутьевую машину, при этом сэкономить электрическую энергию.

При этом эксплуатационные расходы на функционирование рукавных фильтров хоть и снижаются, но все равно остаются.

#### **2-й вариант**

Реконструкция 2-й ступени очистки путем замены рукавных фильтров на аппарат тонкой очистки газов «VAV-400/50D» для условий ПАО «ДМК».

Основным преимуществом разработанного нами проекта по сравнению с традиционными электрофильтрами является, то что при аналогичных габаритах производительность электрофильтра «VAV-400/50D» в 2–3 раза выше, а эксплуатационные затраты значительно меньше.

### **Эксплуатационно-техническая характеристика аппарата «VAV-400/50D» для условий ПАО «ДМК»**

1. Габаритные размеры аппарата: длина – 9 м, ширина – 8 м, высота – 7 м.

2. Количество полей – 4 шт. (комбинированных на 1 поле – инерционного осаждения и 3 поля – активно электрических).

3. Энергопотребление на очистку газа – 0,3 кВт/ч на 1000 м<sup>3</sup>.

4. Производительность по очищаемому газодисперсному потоку – 400 000 м<sup>3</sup>/ч.

5. Температура обезвреживаемой среды – не более 400 °С.

6. Сопротивление аппарата – около 300 Па.

7. Эффективность очистки дымовых газов при:  
– входная концентрация – 10 г/нм<sup>3</sup>;  
– остаточная запыленность – не более 0,05 г/нм<sup>3</sup>.

8. Установленный срок службы – не менее 12 лет.

#### **Преимущества модернизации второго этапа:**

- Сокращения выбросов в атмосферу до 30 мг/нм<sup>3</sup>.

- За счет малого сопротивления аппарата (до 300 Па) будет достигнуто значительное снижение сопротивления в газоочистном тракте, вследствие чего – повышение эффективности работы (производительности) агломерационной машины в целом.

- Снижение нагрузки на ТДМ (за счет снижения сопротивления) вследствие сокращения количества потребленной электрической энергии.

- Компенсирование энергетических затрат на очистку газов за счет снижения нагрузки на ТДМ.

- Эксплуатационные расходы практически отсутствуют.

Также в сравнении с традиционными аппаратами газоочистки наш электрофильтр имеет следующие преимущества:

- В отличие от традиционной технологической схемы очистки газов, рабочая зона нашего аппарата делится две части: нулевое поле инерционного осаждения, использующее возможности каскадных переходов энергии аэродинамической составляющей газового потока, и расположенные за ним электрические поля с принудительным изменением направления потока, реализующие электроочистку газов.

- Механическое оборудование, детали осадительных и коронирующих электродов, системы пассивного газораспределения легко собираются вручную, а устранение отказов не требует применения специальной техники, занимает минимальное время (*полная замена поля 48 часов осуществляется без демонтажа крышки и стенок*

корпуса с отсутствием возможных причин травматизма обслуживающего персонала).

– Применены вибрационные механизмы регенерации поверхности активных частей осадительных и коронирующих электродов, расположенных вне активного объема аппарата, что предотвращает вторичный унос конгломератов уловленных дисперсных взвесей.

– Расположение механизма регенерации (встряхивания) вне рабочей зоны аппарата, в отличие от традиционного расположения молоткового механизма (встряхивания) внутри аппарата позволяет:

1. Сократить до минимума неактивные объемы между рабочими полями.

2. В существующих корпусах оптимально разместить механическое оборудование.

3. В новых корпусах сократить габариты установки газоочистки в 2 раза.

4. Проводить ремонт, профилактику механизма регенерации без остановки электрофильтра, увеличивая при этом его эксплуатационные показатели.

– В отличие от традиционного процесса электро-газоочистки, примененная в аппарате VAV комбинированная электронно-ионная технология, позволяет эффективно улавливать газообразные загрязнители (SO<sub>x</sub>, NO<sub>x</sub>) за счет образования в сильном электрическом поле униполярного коронного разряда с повышенной более чем в 2 раза электронно-ионной плотностью активных радикалов озона, а также сорбционных взаимодействий с уловленной заряженной дисперсной массой. С другой стороны, хемосорбция газообразных вредностей (загрязнителей) в накапливаемые слои дисперсной массы обеспечивает химическое кондиционирование для устранения вредных последствий обратного коронирования на поверхности осадительных электродов.

**Заключение.** Проанализировав преимущества и недостатки эксплуатации рукавных фильтров нами предложено 2 варианта технических решений по повышению эффективности газоочистки в агломерационном производстве:

*1-й вариант.* Установить перед рукавным фильтром инерционный аппарат «VAV» грубой очистки газов, что позволяет повысить эффективность работы рукавного фильтра, при этом эксплуатационные расходы на функционирование рукавных фильтров хоть и значительно снижаются, но все равно остаются.

*2-й вариант.* Реконструкция 2-й ступени очистки путем замены рукавных фильтров на аппарат тонкой очистки «VAV-400/50D», что позволит иметь выбросы в атмосферу до 30 мг/нм<sup>3</sup>, при этом после наладки аппарата исключить практически все эксплуатационные расходы.

## Библиографический список / References

1. Пищейка С. А. Очистка газов в тканевых и электрических фильтрах / С. А. Пищейка // Экология производства. – 2009. – № 9. – С. 55–57.

Pisheyka S. A. *Cleaning of gases in fabric and electric filters*. Ecology of production. 2009, no. 9, pp. 55-57.

2. Старк С. Б. Газоочистные аппараты и установки в металлургическом производстве. / С. Б. Старк. – М.: Металлургия, 1990. – 400 с.

Stark S. B. *Gas-cleaning apparatuses and installations in metallurgical production*. Moscow, Metallurgy, 1990, 400 p.

3. Толочко А. И. Очистка технологических газов в черной металлургии / А. И. Толочко, В. И. Филиппов О. В. Филиньев. – М.: Металлургия, 1982. – 280 с.

Tolochko A. I., Filippov V. I., Filiniev O. V. *Purification of technological gases in ferrous metallurgy*. Moscow, Metallurgy, 1982, 280 p.

4. Андоньев С. Н. Пылегазовые выбросы предприятий черной металлургии / С. Н. Андоньев, Ю. С. Зайцев, О. В. Филиньев. – Харьков, 1998. – 320 с.

Andoniev S. N., Zaitsev Yu. S., Filiniev O. V. *Dust and gas emissions from ferrous metallurgy enterprises*. Kharkiv, 1998, 320 p.

5. Юдашкин М. Я. Пылеулавливание и очистка газов в черной металлургии / М. Я. Юдашкин. – М.: Металлургия, 1984. – 320 с.

Yudashkin M. Ya. *Dust extraction and purification of gases in ferrous metallurgy*. Moscow, Metallurgy, 1984, 320 p.

6. Осипенко В. Д. Наладка и эксплуатация газоочистного оборудования в черной металлургии / В. Д. Осипенко, Н. М. Васильченко. – М.: Металлургия, 1983. – 144 с.

Osipenko V. D., Vasilchenko N. M. *Adjustment and operation of gas purification equipment in ferrous metallurgy*. Moscow, Metallurgy, 1983, 144 p.

7. Хофштадперк. Система Эрфайн для удаления диоксида из отходящих газов агломерационного производства и электродуговых печей / Хофштадперк, В. Геберг, К. Ланцерштрофер, А. Фридачер, И. Ленер // Сталь. – 2001. – № 12. – С. 81–84.

Hofstadtperk, Geberg V., Lanzershtrof K., Friedacher A, Lener I. *The Erfine System for the Removal of Dioxin from the Output Gases of Agglomeration and Electrodeght Ovens*. Steel, 2001, no. 12, pp. 81-84.

8. Герасимов Л. К. Некоторые пути повышения теплотехнических и экологических показателей работы агломерационных машин / Л. К. Герасимов, Г. Г. Добряков, Г. М. Друшинин, В. А. Чистогонов, И. М. Хамлатов // Сталь. – 2010. – № 13. – С. 122–133.

Gerasimov L. K., Dobryakov G. G., Druishinin G. M., Chistogonov V. A., Khamlatov I. M. *Some ways to increase the thermotechnical and environmental*

*performance of agglomeration machines. Steel, 2010, no.13, pp. 122-133.*

9. Сталинский Д. В. Опыт УКРГНТЦ «Энергосталь» по очистке технологических и аспирационных газов в металлургических производствах // Д. В. Сталинский, М. Н. Швец // Сталь. – 2010. – № 11. – 105 с.

Stalinsky D. V., Shvets M. N. *Experience of UKRGNTSC "Energostal" on the purification of technological and aspiration gases in metallurgical industries. Steel, 2010, no. 11, 105 p.*

10. Пыриков А. М. Пути решения экологических проблем в черной металлургии / А. М. Пыриков, С. К. Вильданов, А. В. Лиходиевский, Н. Н. Мартынов // Сталь. – 2008. – № 5. – С. 99-103.

Pyrikov A. M., Wildanov S. K., Lyidyevsky A. V., Martynov N. N. *Ways of solving ecological problems in ferrous metallurgy. Steel, 2008, no. 5, pp. 99-103.*

11. Кащеев М. А. Предварительная очистка агломерационных газов путем установки в габаритах коллектора инерционного аппарата «VAV» / М. А. Кащеев, В. А. Влади, С. В. Манзенко, Е. М. Кащеев // Металлургическая и горнорудная промышленность. – 2016. – № 6. – С. 106-110.

Kashcheev M. A., Vladi V. A., Manzenko S. V., Kashcheev E. M. *Preliminary cleaning of sinter gas by installing in the dimensions of the collector of the inertial apparatus "VAV". Metallurgical and mining industry, 2016, no. 6, pp. 106-110.*

**Purpose.** *An analysis of the work of existing equipment for the purification of sinter gas, on the basis of which*

*technical solutions for improving the efficiency of gas purification were proposed.*

**Methodology.** *Analytical analysis of the operation of hose filters, development of equipment for improving the efficiency of gas cleaning.*

**Findings.** *Based on the analysis of the advantages and disadvantages of the existing hose filters, we proposed 2 variants of technical solutions, using the equipment we developed, in order to increase the efficiency of the gas purification of sinter gas.*

**Originality.** *In developing new equipment, a new method of calculating high-speed fields within an inertial apparatus and an electrofilter with the purpose of obtaining maximum deposition of dust and minimum resistance in a collector was used.*

**Practical value.** *We have proposed two variants of technical solutions for improving the efficiency of gas cleaning in sinter production.*

**The first option** *is to install a coarse gas cleaning in front of the VAV hose inlet apparatus, which will increase the efficiency of the hose filter, while operating costs for the operation of the hose filters, become significantly lower, but still remain.*

**Second option.** *Reconstruction of the second stage of purification by replacing the hose filters on the VAV purification apparatus, which allows for emissions of up to 30 mg / nm<sup>3</sup> in the atmosphere, and, after adjusting the apparatus, eliminates virtually all operating costs.*

**Key words:** *hose filter, agglomeration machine, dust emissions, apparatus of rough and fine purification.*

**Рекомендована к публикации  
д. б. н. Г. Г. Шматковым**

**Поступила 21.09. 2017**

