



**УДК 66.074:621.94**

**Н.С. ГУК**, главный специалист, **С.Е. АРИСОВ**, ведущий инженер,

**О.А. РУТКОВСКИЙ**, ведущий инженер, **В.И. ГРАНКИН**, старший научный сотрудник

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

## К ВОПРОСУ ЭФФЕКТИВНОСТИ РАБОТЫ СИСТЕМ ГАЗОУДАЛЕНИЯ И ГАЗООЧИСТКИ ЭЛЕКТРОДУГОВЫХ ПЕЧЕЙ

Представлен новый газоочистной комплекс электросталеплавильного агрегата, соответствующий современному уровню техники и требованиям экологических нормативов.

**Ключевые слова:** система, газоочистка, технологические газы, неорганизованные выбросы, эффективность, экологические нормы.

Украинский государственный научно-технический центр «Энергосталь» имеет более чем 30-летний опыт проектирования, изготовления оборудования, проведения шефмонтажных работ в области разработки и внедрения высокоэффективных систем улавливания неорганизованных выбросов, методики расчета пылегазовых потоков от металлургических агрегатов [1].

Интенсификация производства в различных отраслях промышленности вызывает загрязнение атмосферы вредными газами, парами, пылью. Непрерывно растущее загрязнение атмосферы во всем мире достигло угрожающих размеров, создает угрозу здоровью людей, существованию животных и растений, наносит большой материальный ущерб. Экологическая безопасность в ближайшие

годы будет по-прежнему зависеть от ввода в действие различных систем очистных установок и сооружений как неотъемлемой части любого промышленного предприятия.

Одним из существенных факторов загрязнения окружающей среды является металлургическая промышленность.

С ростом интенсификации металлургического производства, строительством новых мощностей и реконструкцией старых производств объем выпуска стали в мире увеличился до 1,413 млрд т в год, а доля производства стали в электропечах – до 40 %.

Интенсификация технологических процессов выплавки стали в современных электропечах, строительство новых электросталеплавильных агрегатов большой единичной мощности приводят к увеличению объемов отходящих технологических и аспирационных газов, поступающих на очистку, и требуют новых решений по снижению выбросов в окружающую природную среду.

Можно выделить основные пути борьбы с вредными выбросами от электросталеплавильных агрегатов: оптимизация технологических процессов, систем сбора и отвода газов, оснащение технологических агрегатов эффективными пылеулавливающими аппаратами, утилизация уловленной пыли [2].

При разработке систем очистки важным направлением является внедрение сухих пылеуловителей, что позволяет не только сохранить значительные земельные площади, отчуждаемые под шламовые бассейны при использовании мокрых методов очистки, но и получить экономический эффект за счет утилизации уловленного полупродукта.

Электродуговые печи позволяют выплавлять высоколегированные инструментальные, нержавеющие, жаростойкие и жаропрочные стали. В процессе плавки в дуговой сталеплавильной печи (ДСП) и доводки стали в установке «печь-ковш» (УПК) образующиеся газы повышают давление в печи и через неплотности между корпусом и сводом, а также в зазорах между отверстиями в своде и электродами вместе с пылью выделяются в цех.

Интенсивность выделения газов и количество выносимой пыли изменяются в различные периоды работы печи и зависят как от марок выплавленной стали, так и от качества скрапа. Химический и фракционный состав пыли также зависит от марок выплавляемой стали и периода работы печи.

В настоящее время применяются следующие системы улавливания и отвода запыленных газов, выделяющихся при процессах плавки, слива жидкой стали и завалки скрапа:

- прямой отвод газов через отверстие в своде ДСП или УПК;
- установка вытяжного зонта над ДСП на крыше цеха.



Рисунок 1 – Газоочистка

Широкое применение получило сочетание прямого отсоса газов от четвертого отверстия в печи с устройством вытяжного зонта на крыше цеха, что соответствует современному уровню техники.

Работу современного газоочистного комплекса рассмотрим на примере системы газоудаления от печи ДСП-50 и УПК-90 сталеплавильного цеха № 1 ЗАО «НКМЗ» (рис. 1). УкрГНТЦ «Энергосталь» разработал для данного предприятия систему отбора и улавливания газов, окомкования пыли, а также водоохлаждаемый газоохладитель. Неорганизованные газы, выбрасываемые во время завалки скрапа или выпуска металла, а также газы, выделяющиеся в процессе плавки через различные технологические отверстия печи, улавливаются вытяжным зонтом, установленным на крыше цеха. Аккумулирующая способность вытяжного зонта рассчитывается с учетом условий работы дуговой печи.

Два газоотводящих тракта организованных и неорганизованных выбросов перед газоочисткой объединяются в один сборный газоход, при этом за счет подмешивания относительно холодного газа, отбираемого от зонта, происходит дальнейшее охлаждение организованных газов до температуры не более 130 °С. К вышеуказанному сборному газоходу подключается также газоотводящий тракт от установок «печь-ковш» (рис. 2).

Основным элементом газоочистной системы является высокоэффективный рукавный фильтр с импульсной регенерацией фильтровальных рукавов сжатым воздухом, который обеспечивает конечную концентрацию пыли в отходящих газах на уровне до 10 мг/м<sup>3</sup>. Использование высокоэффективного газоочистного оборудования позволяет минимизировать негативное воздействие электросталеплавильного производства на окружающую природную среду, что соответствует современным экологическим требованиям.

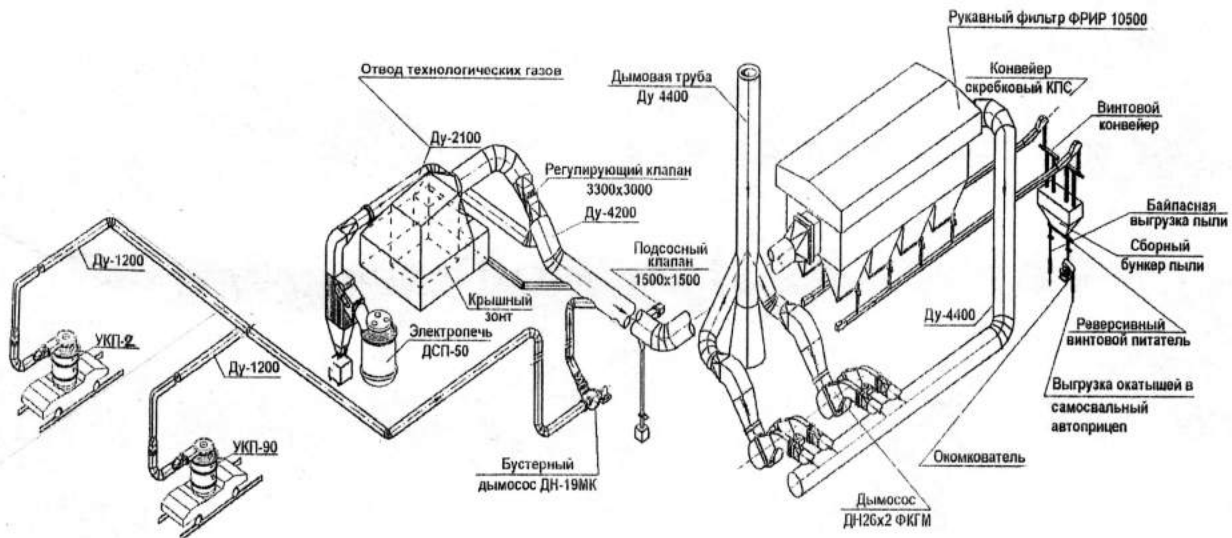


Рисунок 2 – Схема отбора организованных и неорганизованных выбросов от электросталеплавильной печи и установки «печь-ковш»

В качестве тягодутьевого оборудования газоотводящего тракта используются дымососы типа ДН. Параметрами их работы являются производительность, давление (полное, статическое и динамическое), потребляемая мощность (мощность на валу) и КПД (полный или статический).

Регулирование объема отвода технологических газов от четвертого отверстия в своде электропечи и неорганизованных выбросов от крышного зонта производится за счет частотного регулирования электроприводов дымососов или направляющих аппаратов дымососов (при отсутствии частотного регулирования), а также регулирования клапанами, установленными на газоходах.

Для эффективного функционирования системы газоудаления и очистки газов от пыли проводятся наладочные работы всех агрегатов системы газоудаления (клапанов системы регенерации рукавного фильтра, механизмов выгрузки пыли, окомкования, приборов КИПиА, САУ технологическим процессом и т.д.).

Большое внимание следует обратить на напыление «автослоя» фильтровальных рукавов, которое производится в процессе пусконаладочных работ оборудования газоотводящего тракта и способствует более эффективному улавливанию пыли.

Для определения эффективности работы систем пылегазоудаления проводились замеры (методом внешней фильтрации) остаточной запыленности отходящих газов после газоочистки. Состав газа измерялся в точке отбора на дымовой трубе с помощью газоанализатора «ОКСИ-5М-5Н».

Параметры пылегазового потока определялись следующими приборами:

- температура – термометром зондовым контактным;
- давление – мановакуумметром МЦ-1-40;
- скорость и объем газов – трубкой напорной конструкции НИИОГАЗ;
- состав газа – газоанализатором «ОКСИ-5М-5Н»;
- пыль – методом внешней фильтрации по методике определения запыленности.

Измерения (при работе ДСП-50) проводились согласно методике, разработанной УкрГНТЦ «Энергосталь», при этом измерялись следующие параметры:

- температура газа на входе и выходе из аппарата, 0 °С;
- давление (или разрежение) газа на входе в аппарат и на выходе из него, Па;
- химический состав газа, %;
- запыленность газа на входе в аппарат и на выходе из него, г/м<sup>3</sup> сухого газа.

Пределы измерений: температуры 0–1600 °С; давления ± 40000 Па; скорости 0,5–150 м/с; запыленности 0,0–10 мг/м<sup>3</sup>.

Также были проведены замеры состава газа при работе ДСП-50, представленные в табл. 1, в условиях расплавления металла в печи.

Все необходимые замеры проводились в процессе работы ДСП-50 в разные периоды плавки, замеры конечной запыленности газов – в начальный период плавки, когда наблюдался резко возросший объем газов с высоким содержанием пыли, а также в период после дозавалки.

Химический состав пыли, улавливаемой в бункере водоохлаждаемого газоохладителя и в бункере газо-

**Таблица 1 – Результаты замеров состава газа в дымовой трубе**

№ зам.	Температура, °С	O <sub>2</sub> (%)	CO <sub>2</sub> (%)	CO (мг/м <sup>3</sup> )	NO (мг/м <sup>3</sup> )	NO <sub>x</sub> (мг/м <sup>3</sup> )	NO <sub>2</sub> (мг/м <sup>3</sup> )	SO <sub>2</sub> (мг/м <sup>3</sup> )
001	47,60	20,60	0,30	45,00	18,00	27,00	0,00	0,00
002	45,10	20,50	0,30	547,00	14,00	21,00	0,00	0,00
003	41,40	20,50	0,30	351,00	18,00	27,00	0,00	2,00

очистки, приведен в табл. 2. Эффективность пылеулавливания оценивалась по конечной запыленности очищенных газов.

**Таблица 2 – Химический анализ пыли после газоочистки**

Наименование	Состав пыли, % вес.						
	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	SiO <sub>2</sub>	S	Cr <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	MnO	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	ZnO
Пыль газоочистки ДСП-50	0,95	9,61	0,62	0,68	4,48	64,11	10,62
Пыль из камеры газоохладителя ДСП-50	2,47	9,92	0,59	0,85	2,70	70,89	1,56

Исследования эффективности работы каждого элемента системы газоудаления и газоочистки выявили, что в начальном периоде плавки (при максимальном объеме пылевыделения) важную роль играли распределение потоков пылевыделений, улавливаемых крышным зонтом, и потока от четвертого отверстия свода печи, а также состав скрапа.

При расчете системы газоудаления и газоочистки ЗАО «НКМЗ» принималась величина допустимого веса стружки при завалке скрапа – до 3,8 т, но в настоящее время эта величина превышает 8 т. Также важное значение имеет наличие в составе скрапа мелкой фракции, что, по нашему мнению, приводит к увеличению выбросов при расплаве и требует особого внимания к улавливанию выбросов через крышный зонт и четвертое отверстие в печи.

Вышеперечисленные факторы привели к увеличению максимального объема пыли, выбрасываемой при работе печи. При расчетной величине газовых потоков в 650 тыс. м<sup>3</sup>/час наблюдалось неполное удаление газов через крышный зонт, а при кислородной продувке – поток зонтом улавливался полностью. Через четвертое отверстие отсасывалось ~90 тыс. м<sup>3</sup>/час (на выходе из водоохлаждаемого газоохладителя).

Были определены параметры работы крышного зонта.

Увеличение отсоса потока через крышный зонт до величины ~720 тыс. м<sup>3</sup>/час позволило уловить полностью весь поток неорганизованных выбросов от ДСП-50, при этом величину отбора потока от четвертого отверстия можно было снизить до 70 тыс. м<sup>3</sup>/час (на выходе из газоохладителя) при высокой эффективности его работы.

Показательно, что приведенные значения работы системы подтверждаются как визуально, так и объемами пыли, уловленной и переработанной в окатыши.

В табл. 3 приведены данные по количеству уловленной пыли и выплавленной стали в феврале-марте 2010 г. на ДСП-50.

**Таблица 3 – Количество уловленной пыли и выплавленной стали**

Год	Месяц	Количество выплавленной стали, т	Количество уловленной пыли, т	Количество вагонов с пылью
2010	февраль	6118,45	152,96	7
	март	5200,28	130,07	7

Количество фактически уловленной пыли при выплавке 1 т стали равно ~25 кг, что соответствует принятой при проектировании величине выбросов.

Результаты замеров показали высокую эффективность работы систем газоочистки. Остаточная запыленность, определяемая на дымовой трубе газоочистки, составляла в среднем 6,9 мг/м<sup>3</sup>, что гораздо меньше проектных 10 мг/м<sup>3</sup>.

Эффективная работа системы газоудаления и газоочистки достигнута за счет:

- разработки крышного зонта усовершенствованной конструкции;
- разработки новой конструкции высокоэффективного водоохлаждаемого газоохладителя, позволяющего снизить температуру технологических газов с 1650 до 400 °С;
- применения схемы улавливания неорганизованных и технологических газов в совмещенной схеме;
- применения высокоэффективного фильтра ФРИР-10500, очищающего весь объем выбросов от ДСП-50 и обеспечивающего остаточную запыленность газов не более 6,9 мг/м<sup>3</sup>, что является одним из лучших показателей работы современного пылеулавливающего оборудования.

## ВЫВОДЫ

УкрГНТЦ «Энергосталь» разработаны и внедрены высокоэффективные сухие системы газоудаления и газоочистки, включающие системы улавливания организованных и неорганизованных выбросов от электросталеплавильной печи ДСП-50 и установок «печь-ковш» № 1, 2 сталеплавильного цеха № 1 ЗАО «НКМЗ»; методика определения эффективности работы систем пылеулов-



ки и очистки пылегазовых потоков в рукавных фильтрах типа ФРИР. Остаточная запыленность газов не превышает  $6,9 \text{ мг/м}^3$ .

УкрГНТЦ «Энергосталь» обеспечивает успешное комплексное решение экологических проблем на предприятиях металлургии и машиностроения.

## БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. **Швец, М.Н.** Улавливание неорганизованных выбросов крупнотоннажных и среднетоннажных электросталепла-

Надано новий газоочисний комплекс електросталеплавильного агрегату, що відповідає сучасному рівню техніки і вимогам екологічних нормативів.

вильных печей / М.Н. Швец, Д.В. Сталинский // Экология и промышленность. – 2006. – № 1. – С. 12–16.

2. **Швец, М.Н.** Новые инженерные решения по очистке газов в металлургических производствах / М.Н. Швец, А.Ю. Пирогов // Казантип-ЭКО-2009. Экология, энерго- и ресурсосбережение, охрана окружающей среды и здоровье человека, утилизация отходов : сб. науч. ст. XVII Междунар. науч.-практ. конф., 1–5 июня 2009 г., г. Щелкино, АР Крым : В 2 т. Т. 2. / УкрГНТЦ «Энергосталь». – Х. : Сага, 2009. – С. 23–44.

*Поступила в редакцию 10.04.2010*

The up-to-date gas cleaning complex for electric arc furnace, satisfying the state-of-the-art and requirements of environmental standards is presented.