

УДК 669.184.15:66.074.9

**Д.В. СТАЛИНСКИЙ**, докт. техн. наук, профессор, генеральный директор,**А.З. РЫЖАВСКИЙ**, канд. техн. наук, главный конструктор отдела, **А.В. ЗИМОГЛЯД**, главный инженер проекта

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

## УЛАВЛИВАНИЕ И ОЧИСТКА НЕОРГАНИЗОВАННЫХ ВЫБРОСОВ СТАЛЕПЛАВИЛЬНЫХ КОНВЕРТЕРОВ

Рассмотрены технические решения по улавливанию и очистке неорганизованных выбросов в действующих конвертерных цехах с конвертерами емкостью 160 и 350 т. Показано, что применение этих решений и современного оборудования в конвертерных цехах, построенных в 60–80-е годы прошлого века, позволит сократить выбросы пыли в воздушный бассейн в 25–40 раз, что составит около 1000 т пыли на 1 млн т выплавленной стали.

**Ключевые слова:** конвертеры, неорганизованные выбросы, укрытие, зонт, рукавный фильтр, дымосос, АСУ ТП.

Решение проблемы улавливания и очистки неорганизованных выбросов при повалке конвертеров становится все более актуальным в связи с широким внедрением кислородных конвертеров в производстве стали и необходимостью улучшать показатели по защите окружающей среды в горно-металлургическом комплексе Украины.

В результате применения технических решений и оборудования ГП «УкрНТЦ «Энергосталь» (далее Центр) в конвертерном цехе ПАО «Енакиевский металлургический завод» (ПАО «ЕМЗ») при реконструкции газоотводящих трактов достигнуто снижение запыленности технологических газов, выбрасываемых в атмосферу, со 150–200 до 50 мг/нм<sup>3</sup> и менее. При этом расход технологических газов снизился почти вдвое, что уменьшило выброс пыли в атмосферу через дымовые трубы более чем в шесть раз. Реконструкция существующих пылеочистных сооружений конвертеров ПАО «Мариупольский металлургический комбинат им. Ильича», проектная документация для которой в настоящее время разрабатывается Центром, позволит достичь аналогичных результатов.

Наряду с очисткой технологических газов, выделяемых из конвертеров при плавке, улавливание и очистка неорганизованных выбросов при повалке конвертеров являются актуальной проблемой, что подтверждается следующими данными.

Согласно замерам, выполненным Центром и подтвержденным данными фирм Siemens-VAI, Klöckner и др., количество пыли, поступающей в атмосферный воздух с неорганизованными выбросами при повалке конвертеров, составляет в среднем 1,05 кг/т жидкой стали.

Данные об объемах выбросов пыли в расчете на 1 млн т жидкой стали:

• с неорганизованными выбросами конвертеров, т/год	1050
• с очищенными технологическими газами (при остаточном содержании пыли 50 мг/нм <sup>3</sup> ), т/год:	
– при отводе газа с полным дожиганием	20,6
– при отводе газа с частичным дожиганием	9,8
– при отводе газа без дожигания	6,2

Как следует из представленных данных, неорганизованные выбросы конвертеров соответствуют выбросам в атмосферу технологических газов с запыленностью ~2,5 г/нм<sup>3</sup> при отводе газа с полным дожиганием, ~5 г/нм<sup>3</sup> и 7,5 г/нм<sup>3</sup> – при отводе газа с частичным дожиганием и без дожигания соответственно.

Пылегазовые выбросы при повалке конвертера не только загрязняют воздушный бассейн, но и создают неблагоприятные условия работы в плавильных отделениях конвертерных цехов, где содержание пыли в воздухе на рабочих местах в 3–5 раз превышает допустимые нормы. Часть выносимой пыли откладывается на площадках обслуживания в конвертерном пролете, на кранах и подкрановых балках, что существенно осложняет ремонтные работы и текущее обслуживание.

До настоящего времени улавливанию и очистке неорганизованных выбросов при повалке конвертеров на территории СНГ практически не уделялось внимания. Разработанная Центром и установленная в 1980–1981 гг. pilotная система улавливания неорганизованных выбросов конвертеров ПАО «Днепровский металлургический комбинат им. Дзержинского» была демонтирована.

Установленные на этих конвертерах в 2008 г. усовершенствованные укрытия конструкции Центра до сих пор не стали частью системы полного улавливания и очистки неорганизованных выбросов. Построенная в 1992 г. по проекту Центра система улавливания и очистки неорганизованных выбросов ОАО «Магнитогорский металлургический комбинат» решает задачу частично, улавливая и очищая до 70–75 % выбросов (в основном при сливе чугуна и завалке лома).

В то же время в конвертерных цехах металлургических предприятий Западной Европы, Японии и в цехах, построенных и реконструированных по проектам зарубежных фирм в СНГ, система улавливания и очистки неорганизованных выбросов является неотъемлемой частью оборудования цехов.

Среди инжиниринговых организаций СНГ, работающих в горно-металлургическом комплексе, только Центр имеет опыт разработки и изготовления необходимого оборудования и конструкций, в частности укрытий конвертеров, зонтов и рукавных фильтров, позволяющих уловить не менее 97 % пылегазовых выбросов конвертеров и очистить их до конечного содержания пыли не более 20 мг/нм<sup>3</sup>.

Ниже приведены примеры систем улавливания и очистки неорганизованных выбросов конвертеров в наиболее распространенных на территории СНГ конвертерных цехах с конвертерами емкостью 160 и 350 т.

Количество и температура неорганизованных пылегазовых выбросов конвертеров в течение плавки (по данным исследований Центра) представлены в табл. 1.

Принципиальная схема системы локализации и очистки неорганизованных выбросов для трех конвертеров приведена на рис. 1.

С целью локализации неорганизованных выбросов для каждого конвертера на рабочей площадке сооружается укрытие, в нижней части примыкающее к выре-

зу в рабочей площадке в районе установки конвертера, а в верхней – к кессону ОКТ («юбка» увязывается с зонтом или пиквидируется).

Укрытие состоит из каркаса со свободно навешенными на него двухслойными щитами. Листы щитов, обращенные к конвертеру, выполнены в зоне высоких температур из жаростойкой стали, в зоне температур до 300 °C – из углеродистой стали (наружные листы тоже сделаны из углеродистой стали). Между наружным и внутренним листами щитов предусмотрен воздушный зазор.

Со стороны загрузки конвертера в стационарном укрытии имеется проем, закрываемый раздвижными щитами, установленными на самоходных тележках. Со стороны слива стали проем в укрытии закрывается раздвижными щитами на монорельсовых тележках с электроприводом. Над зоной загрузки конвертера размещен зонт, футерованный щитами по типу укрытия конвертера. Зонт соединен двумя газоходами, на которых установлены клапаны с электроприводами и коллектором, индивидуальным для каждого конвертера.

Над зоной выпуска стали к потолку укрытия примыкает зонт, соединенный газоходом с электроприводным клапаном (примыкание – выше отсечного клапана) с одним из газоходов, идущих от зонта над зоной загрузки. Зонт футерован щитами, конструкция которых описана выше.

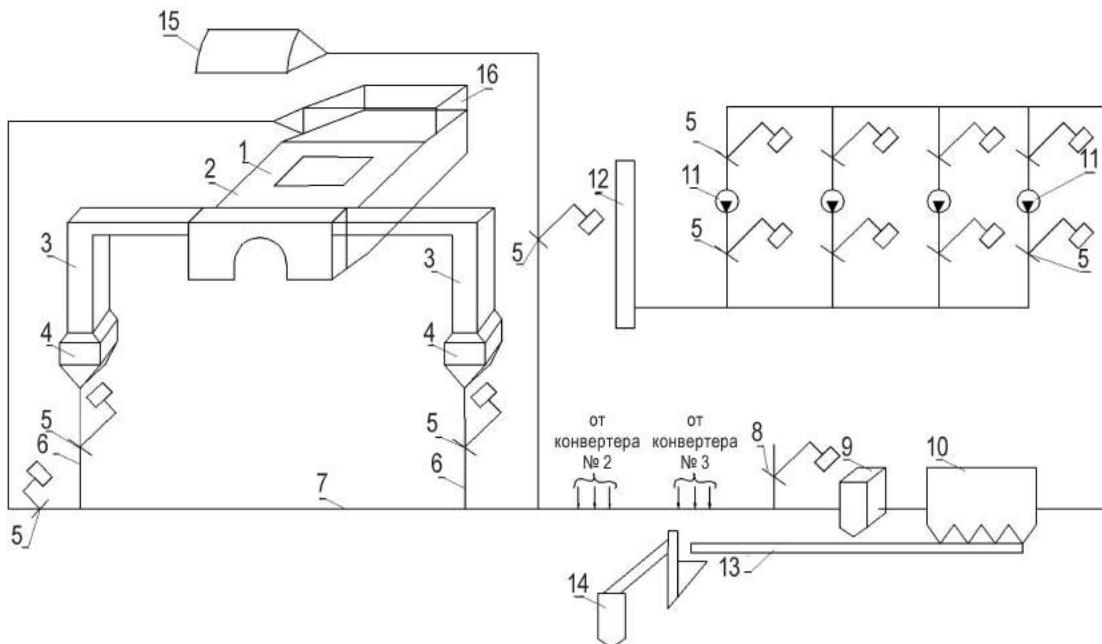
В вытяжной шахте загрузочного пролета над зоной загрузки конвертера перегородками выделен подкрышный зонт из углеродистой стали, также соединенный с коллектором газоходом с электрифицированным клапаном.

Уловленные и локализованные неорганизованные пылегазовые потоки по цеховому коллектору поступают на очистку в центральную газоочистную станцию (ЦГС). Максимальная температура поступающих газов составляет 130 °C, содержание в них пыли – до 0,5 г/м<sup>3</sup>.

**Таблица 1 – Примеры систем улавливания и очистки неорганизованных выбросов**

Период плавки	Конвертер 160 т				Конвертер 350 т			
	Выход газа, 10 <sup>3</sup> м <sup>3</sup> /час, н.у.	Температура, °C	Длительность, мин	Вынос пыли, кг	Выход газа, 10 <sup>3</sup> м <sup>3</sup> /час, н.у.	Температура, °C	Длительность, мин	Вынос пыли, кг
Завалка лома	750	200	3	25	200–250	200	3,5	48–55
Заливка чугуна	320	800	3	100	600–700	800	3	180–220
Продувка*	120–150	до 200	18	27*	220–250	до 200	18	40–50*
Слив шлака	120–150	до 100	3	10	130–150	100	3	8–10
Выпуск стали	до 150	до 300	5	15	250	до 300	6	28–30
Итого, вынос пыли в среднем –	<u>за плавку</u> <u>на 1 т стали</u>			<u>150 (177*)</u> <u>1,05(1,2*)</u>	Итого, вынос пыли в среднем –		<u>за плавку</u> <u>на 1 т стали</u>	<u>325 (365*)</u> <u>1,05 (1,2*)</u>

\* При отсутствии «юбки» охладителя конвертерных газов



**Рисунок 1 – Принципиальная схема системы локализации и очистки неорганизованных выбросов для трех конвертеров**

- 1 – укрытие конвертера; 2 – зонт с бортовыми отсосами; 3 – газоход с тепловой защитой; 4 – теплорегулятор; 5 – отсечной клапан с МЭО; 6 – газоход; 7 – цеховой коллектор; 8 – подсос воздуха аварийный; 9 – искрогаситель; 10 – рукавный фильтр; 11 – дымосос; 12 – дымовая труба; 13 – пылеуборка; 14 – накопительный бункер пыли; 15 – подкрышный зонт; 16 – зонт над зоной выпуска стали

ЦГС включает искрогаситель, представляющий собой прямоугольный бункер с поперечной перегородкой, и рукавный фильтр с импульсной регенерацией, разработанный ГП «УкрНТЦ «Энергосталь». Конструкция фильтра позволяет производить частичную замену рукавов без остановки фильтра. Осевшая в искрогасителе и бункерах фильтра пыль системой пылеуборки передается в отгрузочный бункер, откуда ее транспортируют для использования.

**Таблица 2 – Расчет экологической эффективности применения системы улавливания и очистки неорганизованных выбросов конвертеров**

Показатели	Конвертерный цех с конвертерами емкостью	
	160 т	350 т
Количество установленных конвертеров	3	3
Производство жидкой стали, тыс. т/год	3600	8000
Содержание пыли в неорганизованных выбросах конвертеров:		
• удельные, кг/т стали	1,05	1,05
• по цеху, т/год	3780	5400
Эффективность улавливания пылегазовых выбросов:		
• при наличии подкрышного зонта, %	100	100
• при невозможности устройства подкрышного зонта, %	97	97
Расход очищаемых газов при наличии/отсутствии подкрышного зонта, тыс. м <sup>3</sup> /час	1200/900	2400/2100
Выброс пыли в атмосферу при наличии/отсутствии подкрышного зонта, т/год	50,4/132,2	112/338,2
Снижение выбросов пыли в воздушный бассейн при наличии/отсутствии подкрышного зонта, т/год	3729,6/3629,8	8288/8061,8

Под рукавным фильтром размещены дымососы, компрессорная станция с воздухоохладителем и пост управления. Двигатели и дымососы снабжены частотными преобразователями, управляемыми системой АСУ ТП.

Расчет экологической эффективности применения системы улавливания и очистки неорганизованных выбросов конвертеров приведен в табл. 2.

## ВЫВОДЫ

В ГП «УкрНТЦ «Энергосталь» разработаны технические решения по улавливанию и очистке неорганизованных выбросов в действующих конвертерных цехах с конвертерами емкостью 160 и 350 т.

Создание в действующих конвертерных узлах, построенных в 60–80-х годах прошлого века, систем улавливания и очистки неорганизованных выбросов позволит снизить выбросы пыли в воздушный бассейн в 25–45 раз и обеспечить соблюдение санитарных норм в конвертерном производстве.

*Поступила в редакцию 27.01.2014*

Розглянуто технічні рішення щодо уловлювання та очистки неорганізованих викидів у діючих конвертерних цехах з конвертерами місткістю 160 і 350 т. Показано, що застосування цих рішень і сучасного обладнання в конвертерних цехах, побудованих в 60–80-ті роки минулого століття, дозволить скоротити викиди пилу в повітряний басейн в 25–40 разів, що складе близько 1000 т пилу на 1 млн т виплавленої сталі.

One be examined technical solutions for collecting and cleaning of non-organized emissions in existing converter shops with converters of 160 and 350 t capacity. One be shown that application of these solutions and contemporary equipment in converter shops, constructed in 60–80 years of last century, allows to reduce dust emissions at air by 25–40 times, that is about 1000 t per each 1 mln tons of melted steel.