

УДК 669.184.15

**В.Д. МАНТУЛА**, директор структурного подразделения,  
**Г.М. КАНЕНКО**, канд. техн. наук, ведущий научный сотрудник,  
**Д.В. СЕМЕНОВ**, заведующий лабораторией, **Е.А. МИЛЛЕР**, младший научный сотрудник

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

## ЭФФЕКТИВНОСТЬ ПЫЛЕУЛАВЛИВАНИЯ В МОКРЫХ ГАЗООЧИСТКАХ КОНВЕРТЕРОВ

Представлены результаты анализа эффективности пылеулавливания мокрых газоочисток конвертеров в Украине и России. Определена аналитическая зависимость конечной запыленности газа от гидравлического сопротивления прямоугольной регулируемой трубы Вентури.

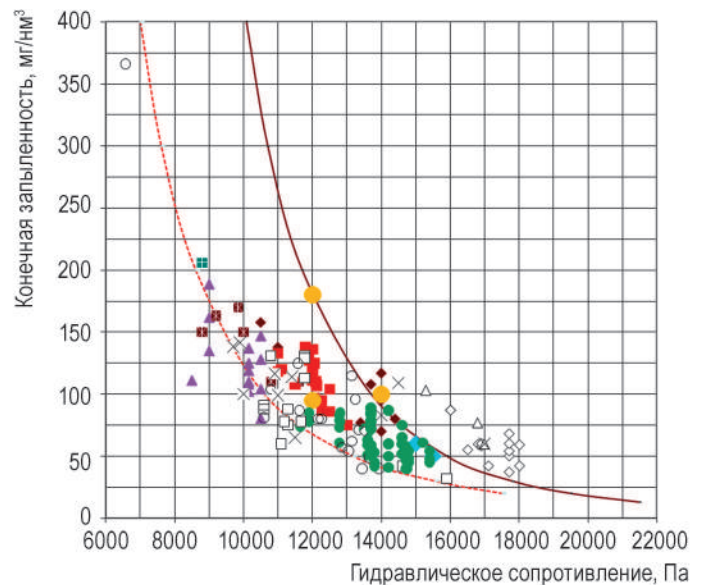
**Ключевые слова:** конвертер, труба Вентури, эффективность пылеулавливания.

В конвертерных цехах в Украине и России применяются мокрые газоочистки, в которых в качестве первой ступени очистки используются скрубберы (орошаемые газоходы), а в качестве второй ступени – высоконапорные трубы Вентури различных модификаций: круглые кольцевые с регулирующим конусом, прямоугольные регулируемые с прямыми и закругленными створками либо регулирующим органом (пантографом), прямоугольные нерегулируемые, а также блоки круглых нерегулируемых.

Эффективность улавливания конвертерной пыли в высоконапорной трубе Вентури зависит от большого количества факторов, к которым, в частности, относятся начальная запыленность газа и дисперсный состав пыли, определяемый технологией ведения плавки, исходными сырьевыми материалами, интенсивностью кислородной продувки, режимом подачи сыпучих и системой отвода газа. Наибольшее влияние на эффективность улавливания для конкретной пыли оказывает величина удельного орошения газа водой и скорость газа в горловине трубы Вентури – гидравлическое сопротивление, увеличение которого повышает эффективность пылеулавливания [1].

Зависимости конечной запыленности после трубы Вентури от ее гидравлического сопротивления для мокрых газоочисток ряда конвертерных цехов представлены на рис. 1. Для сопоставления показаны кривые, приведенные в литературе, в частности в публикациях института «Гипрогазоочистка» [2]. Большой разброс значений конечной запыленности в зависимости от гидравлического сопротивления объясняется как различием в физико-химическом и дисперсном составе пыли, так и различием в конструкциях систем мокрой очистки газов, в т.ч. высоконапорных труб Вентури.

В проведенных ранее исследованиях различных модификаций труб Вентури на опытном стенде было уста-



**Рисунок 1 – Зависимость конечной запыленности от гидравлического сопротивления трубы Вентури**

- ▲ – конв. № 2 ЕМЗ; ■ – Ильича; ■ – ККЦ-1 ЗСМК;
- – ЧМК; □ – ККЦ-2 ЗСМК; ◇ – ДМК; × – Северсталь;
- — Гипрогазоочистка; ◆ – АМКР; ■ – Петровского;
- ◆ – ККЦ-1 НЛМК; ● – НТМК; ○ – ККЦ-2 НЛМК; △ – Азовсталь;
- — Японские газоочистки;

новлено, что конструкция с криволинейными створками имеет меньшее значение коэффициента гидравлического сопротивления ( $\xi$ ), чем другие модели, – это позволяет снизить гидравлическое сопротивление трубы Вентури и уменьшить энергозатраты на очистку газа от высокодисперсной пыли [3]. Усовершенствованная конструкция прямоугольной регулируемой трубы Вентури имеет криволинейные створки, приближающие их к классической конструкции трубы Вентури. Благодаря изогнутой форме створок обеспечивается протекание газожидкостно-





го потока через горловину без срывов и с минимальной турбулизацией.

На газоочистках конвертеров № 1–4 емкостью 160 т ОАО «НТМК», работающих с интенсивностью продувки 500 нм<sup>3</sup>/мин в режиме с полным дожиганием СО, внедрены трубы Вентури усовершенствованной конструкции, разработанные УкрГНТЦ «Энергосталь». В результате промышленных испытаний получены значения конечной запыленности 70 мг/нм<sup>3</sup> при гидравлическом сопротивлении 14,3 кПа и удельном расходе воды 0,9–1,0 л/м<sup>3</sup> [4].

На основании обобщения многолетнего опыта эксплуатации при различных режимных параметрах мокрых газоочисток и анализа работы различных конструкций аппаратов первой и второй ступени охлаждения и очистки газов в УкрГНТЦ «Энергосталь» разработана технологическая схема мокрой газоочистки конвертерного газа, обеспечивающая оптимальные параметры работы. В состав газоочистки входят скруббер, одна или две прямоугольные регулируемые трубы Вентури с бункером и гидрозатвором, каплеуловитель с завихрителем, ловушка пленочной жидкости перед нагнетателем, нагнетатель, дымовая труба.

В качестве аппарата первой ступени охлаждения и очистки газа от крупнодисперсной пыли рекомендуется устанавливать скруббер со скоростью газа 5–6 м/с. При реконструкции действующих газоочисток в каждом конкретном случае выбор конструкции скруббера зависит от места установки, имеющихся габаритов, начальной температуры газа, количества подаваемой воды. В скруббере рекомендуется устанавливать два яруса орошения с двухдюймовыми эвольвентными форсунками. Форсунки необходимо располагать таким образом, чтобы перекрыть все сечение скруббера струями распыленной жидкости с учетом меньшего попадания жидкости на стенки скруббера. Первая ступень газоочистки рассчитывается из условий процессов теплообмена в аппарате.

В качестве второй ступени охлаждения и очистки газа от высокодисперсной пыли рекомендуется усовершенствованная прямоугольная регулируемая труба Вентури с закругленными створками. В зависимости от режимных параметров, компоновочных решений и наличия места для размещения оборудования могут быть установлены одна или две трубы Вентури. В конфузоре трубы Вентури устанавливается система форсуночного орошения с подводом жидкости через центробежные форсунки с полным факелом орошения. Конструкция и режимные параметры высоконапорной трубы Вентури рассчитываются с учетом эффективности пылеулавливания. За трубой Вентури устанавливаются разработанные в УкрГНТЦ «Энергосталь» центробежные каплеуловители с одно- и двухсекционными завихрителями с регулируемыми лопатками.

Известны три основных подхода к методике расчета конечной запыленности газа:

- первый заключается в определении зависимости конечной запыленности газа от гидравлического сопротивления для конкретной модификации трубы Вентури на основании экспериментальных данных;
- второй основан на определении зависимости эффективности пылеулавливания от гидравлического сопротивления (энергозатрат) – это так называемый «энергетический» метод;
- третий уточняет значения эффективности пылеулавливания на основании использования инерционного эффекта (критерия Стокса  $Stk$ ) улавливания частиц пыли каплями орошающей жидкости, который признан основным эффектом, влияющим на эффективность улавливания высокодисперсной пыли.

По первому методу для рекомендуемой конструкции усовершенствованной трубы Вентури с закругленными створками на основании экспериментальных данных авторами получены коэффициенты и построена зависимость конечной запыленности газа  $Z_{кон}$  от гидравлического сопротивления (рис. 2)

$$Z_{кон} = 10^4 \exp[-5,7 \cdot 10^{-2} (\Delta P + 300)^{0,47}], \quad (1)$$

где  $\Delta P$  – гидравлическое сопротивление трубы Вентури, Па.

Зависимость получена для газоочисток конвертеров, работающих в режимах с полным дожиганием оксида углерода. Значение конечной запыленности 50 мг/нм<sup>3</sup> может быть получено при гидравлическом сопротивлении 15–16 кПа.

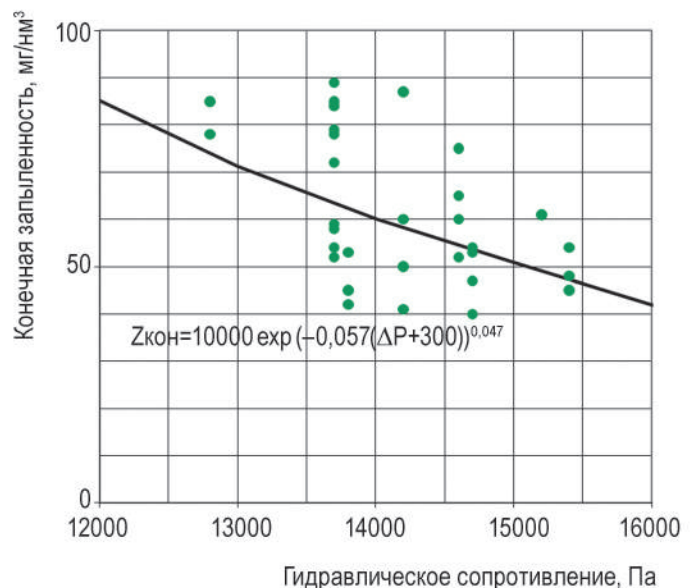


Рисунок 2 – Зависимость конечной запыленности от гидравлического сопротивления трубы Вентури



## ВЫВОДЫ

В результате разработки технологической схемы и исследования параметров работы аппаратов газоочистки конвертеров определено следующее:

1. На эффективность пылеулавливания и конечную запыленность газа оказывает влияние режим ведения плавки, способ отвода газа, а также гидравлический режим работы высоконапорной трубы Вентури (скорость газа и удельный расход воды).
2. В усовершенствованных прямоугольных регулируемых трубах Вентури конечная запыленность газа 50 и 70 мг/м<sup>3</sup> может быть достигнута при гидравлических сопротивлениях на трубах Вентури соответственно 15–16 и 13,5–14,3 кПа вне зависимости от способа отвода газа.

Наведено результати аналізу ефективності пилловловлювання макрих газоочисток конвертерів в Україні і Росії. Визначено аналітичну залежність кінцевої запыленості газу від гідравлічного опору прямокутної регульованої труби Вентури.

## БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. **Дубинская, Ф.Е.** Скрубберы Вентури. Выбор, расчет, применение / Ф.Е. Дубинская, Г.К. Лебедюк // Промышленная и санитарная очистка газов : обзорная информация. – М. : ЦИНИТХимнефтемаш, 1977. – 60 с.
2. **Бережинский, А.И.** Охлаждение и очистка газов кислородных конвертеров / А.И. Бережинский, А.Ф. Циммерман. – М. : Metallurgia, 1983. – 265 с.
3. **Каненко, Г.М.** Исследование гидравлического сопротивления прямоугольных регулируемых труб Вентури / Г.М. Каненко, С.Ю. Свистунов, В.И. Простаков // Metallургическая и горнорудная промышленность. – 1992. – № 4. – С. 59–61.
4. Модернизация газоотводящих трактов кислородных конвертеров емкостью 160 т в условиях действующего производства / В.Д. Мантула, А.З. Рыжавский, А.Ю. Пирогов, Д.В. Семенов, Д.В. Романов // Экология и промышленность. – 2009. – № 4. – С. 46–50.

*Поступила в редакцию 10.04.2011*

Analysis of dust collection efficiency in wet gas scrubbers of converters in Ukraine and Russia is resulted. The analytical dependence of the final dust content on hydrodynamical resistance of the rectangular adjustable Venturi tube is determined.