

С.П. Еронько /д.т.н./, М.Ю. Ткачѳв /к.т.н./, Б.И. Стародубцев
ГОУ ВПО «Донецкий национальный технический университет» (Донецк)

МОДЕЛИРОВАНИЕ РАБОТЫ МОДЕРНИЗИРОВАННОЙ СИСТЕМЫ ГАЗООТСОСА КИСЛОРОДНОГО КОНВЕРТЕРА С ВРАЩАЮЩИМСЯ КОРПУСОМ

Представлены новые технические решения, заложенные в конструкцию системы эвакуации дыма и газа для разработанного мини-плавильного агрегата с вращающимся корпусом. Рассмотрена конструкция безопасного вентилятора, позволяющая повысить эффективность работы комплекса газоочистки кислородного конвертера и исключить попадание продуктов сгорания в окружающее пространство. Приведены результаты лабораторных исследований данного устройства, на основании которых установлены преимущества, свидетельствующие о перспективности его внедрения в производственный процесс.

Ключевые слова: кислородный конвертер, газоочистка, эффект Коанда, эвакуация пыли и газов, безопасной вентилятор, дымосос радиального типа.

Постановка проблемы

Любой сталеплавильный процесс сопровождается интенсивным выделением газов, содержащих большое количество мелкодисперсной пыли.

Как известно, в состав конвертерных газов, образующихся при выплавке стали по классической технологии, входит до 85 % CO. При этом конструктивное исполнение системы газоочистки кислородного конвертера зависит от того, используется ли в дальнейшем в качестве топлива содержащаяся в отходящей газовой смеси окись углерода. Поэтому существует две схемы отвода газа от конвертера, одна из которых предполагает предварительное дожигание CO в камине (вертикальном или наклонном газоходе), охлаждение, очистку от пыли и выброс в атмосферу продуктов сгорания. Вторая схема обеспечивает охлаждение, очистку отводимых от плавильного агрегата газов и подачу их в специальные емкости (газгольдеры) с последующим использованием в качестве топлива [1]. Ни одна из указанных схем не отвечает условиям процесса выплавки стали в конвертере с корпусом, вращающимся относительно своей продольной оси, наклоненной под углом 17-25° к горизонтальной плоскости.

К особенностям такого сталеплавильного процесса следует отнести полное сгорание CO в рабочем пространстве агрегата, а также наличие нескольких подвижных сопряжений элементов системы газоотсоса, непосредственно примыкающих к его горловине и вызывающих значительную утечку неочищенных газов в окружающую среду.

Анализ последних исследований и публикаций

Результаты выполненного литературного обзора [2,3] и проведенных патентных исследований [4,5] свидетельствуют о том, что в поисках альтернативы радиальным и осевым вентиляторам, имеющим уже 180-летнюю историю, за рубежом активизированы экспериментальные и теоретические изыскания, связанные с созданием вентиляторных устройств, обеспечивающих направленное движение газовых потоков без применения рабочих колес с закрепленными лопатками. Речь идет о так называемых безопасных вентиляторах, принцип действия которых основан на эффекте Коанда.

Первенство в практической реализации безопасного вентилятора принадлежит британцу Джеймсу Дайсону, предложившему использовать в вентиляторной системе пустотелое кольцо с поперечным сечением, схожим с профилем самолетного крыла, при этом на внутренней его поверхности по всему периметру расположена щель зазором 0,5...5 мм. Через эту щель с помощью турбины, размещенной в основании вентилятора, с огромной скоростью вытесняется воздух, поток которого плавно огибает внутренний аэродинамический профиль и создает в центре кольца область разрежения, благодаря чему воздушная масса втягивается с периферии и сливается с первичным потоком, образуя струю, выталкиваемую вперед из кольца и увеличивающую объем воздуха на выходе в 10...20 раз. Средством для создания потока воздуха через сопло вентилятора Дайсона может быть не только турбина, но и компрессор. Однако следует

отметить то обстоятельство, что при изготовлении кольцевого сопла со сложной конфигурацией профиля затруднительно выдержать жесткие допуски на размеры, в связи с чем его диаметр не превышает 600 мм, т.е. такая вентиляторная система нашла применение пока только в быту. В связи с этим для использования безлопастного вентилятора в промышленных установках газоотсоса, когда диаметр его сопла может достигать 2-х метров, необходимо иное конструктивное исполнение сопловой части вентиляторной системы такого типа.

Цель (задачи) исследования

Одной из задач, подлежащих решению при создании усовершенствованного кислородного конвертера с вращающимся корпусом для переработки некачественной шихты и металлосодержащих отходов, является модернизация его системы газоотвода. Для достижения поставленной цели нужны новые технические решения, способствующие повышению эффективности эвакуации конвертерных газов, при которой бы устранялся их выход в окружающее пространство через зазоры между подвижно сопрягаемыми элементами системы газохода во время ведения плавки, а также скачивания шлака или его отсечки в процессе выпуска стали в разливочный ковш, когда горловина плавильного агрегата отвернута от колпака вниз [6].

Основной материал исследования

На кафедре механического оборудования заводов черной металлургии Донецкого национального технического университета в 2014 году начаты работы по проектированию безлопастного вентилятора и изучению возможности его использования в системах газоотсоса в условиях сталеплавильного производства. В результате была предложена и запатентована [7] новая конструктивная схема (рис. 1) сопловой части вентилятора, предусматривающая ее формирование из комплекса полых сегментов 4, имеющих контур внешней поверхности, аналогичный форме продольного сечения полого кольца вентиляторной системы Дайсона. Данные сегменты размещены на кольцевой оправке с возможностью относительного поворота на определенный угол в радиальной плоскости, а их полости сообщаются посредством гибких трубок 3 с воздухораспределительным коллектором 2, выполненным в виде тора. На входе горловины, образованной кольцевыми сегментами 4, размещен завихритель потока, включающий полые сегменты 5 с щелевыми соплами и внутренней поверхностью Коанда, закрепленные последовательно по

окружности на несущей скобе в плоскости, перпендикулярной продольной оси горловины, при этом полости сегментов 5 посредством трубопроводов 7 сообщаются с полостью 2-й торообразной воздухораспределительной камеры 6. Обе распределительные камеры снабжены патрубками 1 и 8 для подключения их к источнику сжатого воздуха.

Отсутствие на данный момент теории расчета вновь созданного узла безлопастного вентилятора предопределило необходимость проведения лабораторных исследований на физических моделях с целью получения исходной информации для проверки возможности его встраивания в модернизируемую систему газоотсоса кислородного конвертера с вращающимся корпусом.

В ходе модельных исследований в качестве оценочных критериев эффективности функционирования безлопастного вентилятора приняли расходные и скоростные характеристики газовых потоков, возбуждаемых с его помощью. Лабораторные эксперименты проводили в три этапа. Вначале по методике, подробно освещенной в работе [8], получили информацию о достигаемых значениях коэффициента умножающего эффекта, под которым в специальной литературе считают отношения объемного расхода газовой смеси на выходе из горловины вентилятора к объему воздуха, подаваемого в единицу времени в его полые сегменты. Для этого с использованием плоской прозрачной модели, включавшей два сегмента вентилятора с конструктивными параметрами (рис. 2): $\alpha=15^\circ$, $\beta=25^\circ$, $\gamma=45^\circ$, $\delta=0,7$ мм, $B=50$ мм, $d=85-205$ мм, в полости которых под избыточным давлением в пределах 50-150 кПа компрессором с заданным расходом, контролируемым с помощью ротаметра, подавали воздух и с использованием специального зонда измеряли скорость газоздушного потока, формировавшегося на выходе из горловины плоской модели вентиляторной системы.

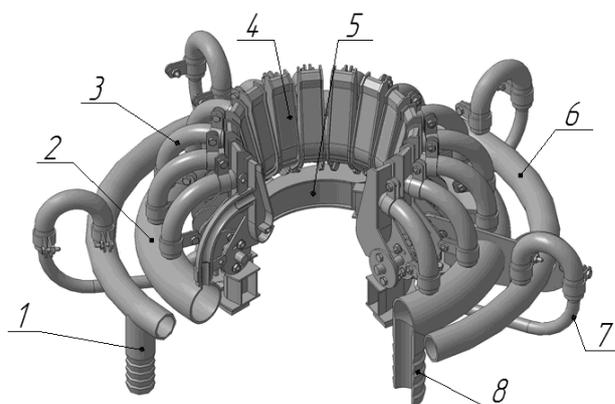


Рис. 1. 3D-модель безлопастного вентилятора

Его визуализацию на темном фоне обеспечивали светлым дымом, поступавшим из генератора, расположенного ниже модели. Измерительный зонд включал тензорезисторный преобразователь – упругую пластину с наклеенными фольговыми датчиками, консольно закрепленную одним своим концом в цилиндрическом стеклянном баллончике, а вторым концом связанную с рычагом, несущим приемный элемент в виде диска диаметром 10 мм. Зонд позволял преобразовать значение динамического давления, действующего на его приемный диск со стороны газозвдушного потока, в аналоговый сигнал, пропорциональный плотности и скорости во второй степени движущейся среды.

Для обеспечения контроля в режиме реального времени записи регистрируемого сигнала и последующего анализа его формы и значения в измерительную систему входили также усилитель переменного тока, аналого-цифровой преобразователь и ЭВМ с печатающим устройством. По результатам измерений, погрешность которых, по данным статистической обработки, не превышала 5 %, были построены поля скоростей (v , м/с), зафиксированных в поперечном сечении газозвдушного потока на выходе из горловины плоской модели исследуемого вентилятора (рис. 3) и дающих возможность рассчитать осредненные значения обеспечиваемых ею объемных расходов. Отношение этих значений и соответствующих им показаний ротаметра о расходе рабочего воздуха, подававшегося в полые сегменты модели вентилятора, позволили определить обеспечиваемый ею коэффициент умножающего эффекта (данные табл. 1). Значение этого коэффициента, находящееся в пределах 3,6-10,5, в значительной мере зависит от давления воздуха, поступающего в полости сегментов с поверхностью Коанда.

На втором этапе экспериментальных исследований проводили стендовое испытание опытного образца безлопастного вентилятора, изготовленного с учетом рациональных значений его конструктивных параметров, проверенных на плоской физической модели. Во время тестирования работы новой вентиляторной системы с использованием скоростной видеосъемки осуществили фиксацию картин развития газодинамических процессов, протекающих в зоне размещения безлопастного вентилятора, находящегося на различном удалении от источника дыма. Для этого вентилятор предварительно закрепляли на трех вертикальных стойках над раздвоенным щелевым соплом, формирующим расходящиеся под заданным углом два направленных потока дыма, поступавшего от специального

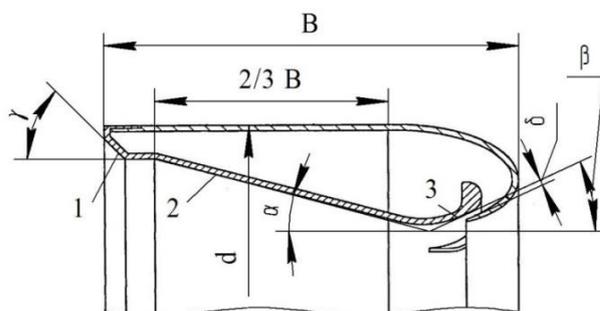


Рис. 2. Основные геометрические параметры профиля сегмента модели вентилятора: 1 – скошенная поверхность; 2 – диффузор; 3 – поверхность Коанда

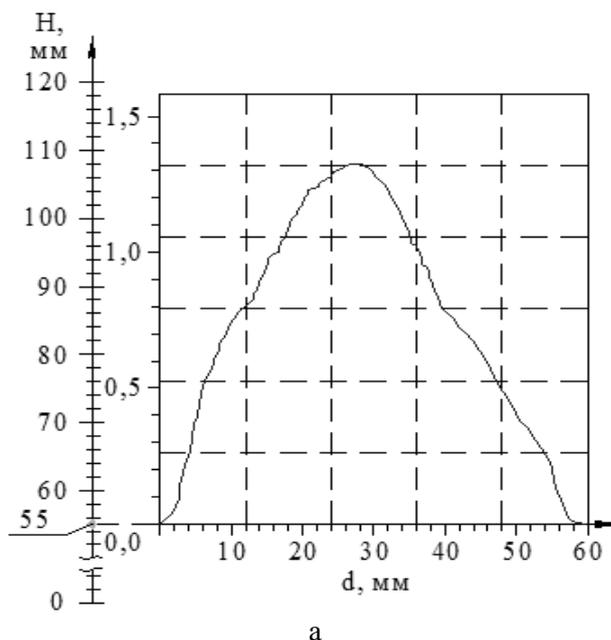


Рис. 3. Поля скоростей газозвдушного потока на различном удалении от выхода горловины плоской модели вентиляторной системы – а и визуализированная картина в зоне формирования – б при давлении и объемном расходе энергоносителя 50 кПа и 8 л/мин

Табл. 1. Скоростные и расходные характеристики работы плоской модели безопасного вентилятора

Значение параметров работы модели вентилятора		Осредненная скорость потока эвакуируемой газовой смеси, м/с	Объемная производительность модели вентилятора, л/мин	Значение коэффициента умножающего эффекта вентилятора
Давление воздуха, кПа	Расход воздуха, л/мин			
50	8	0,8	28,8	3,6
	10	1,1	39,6	3,9
	12	1,3	46,8	3,9
100	8	1,4	50,4	6,3
	10	1,8	64,8	6,5
	12	2,2	79,2	6,6
150	8	2,3	82,8	10,4
	10	2,9	104,4	10,4
	12	3,5	126	10,5

генератора, включавшего заполненную тлеющими древесными опилками металлическую гильзу и дымосос радиального типа. Угол отклонения от вертикали потоков дыма, истекавших из щелевых сопел, был подобран с учетом геометрических параметров вентилятора с таким расчетом, чтобы дымовые струи не имели прямого попадания в его горловину. Благодаря этому моделировались неблагоприятные начальные условия работы вентиляторной системы (фото на рис. 4а). После запуска вентилятора отрабатывали различные режимы его функционирования, предусматривающие эвакуацию дыма при отключенном завихрителе потоков (фото на рис.

4б) и его задействовании (фото на рис 4в).

Анализ просмотренных в динамике и в режиме «стоп-кадр» видеозаписей, полученных для всего диапазона измерений удаленности вентилятора от источника дыма (раздвоенного щелевого сопла), свидетельствует о том, что максимальная эффективность функционирования системы безопасного вентилятора обеспечивается в случае одновременной работы ее узлов возбуждения и завихрения газовоздушных потоков при определенном соотношении объемов воздуха, подаваемых в единицу времени в полости элементов, образующих указанные узлы.

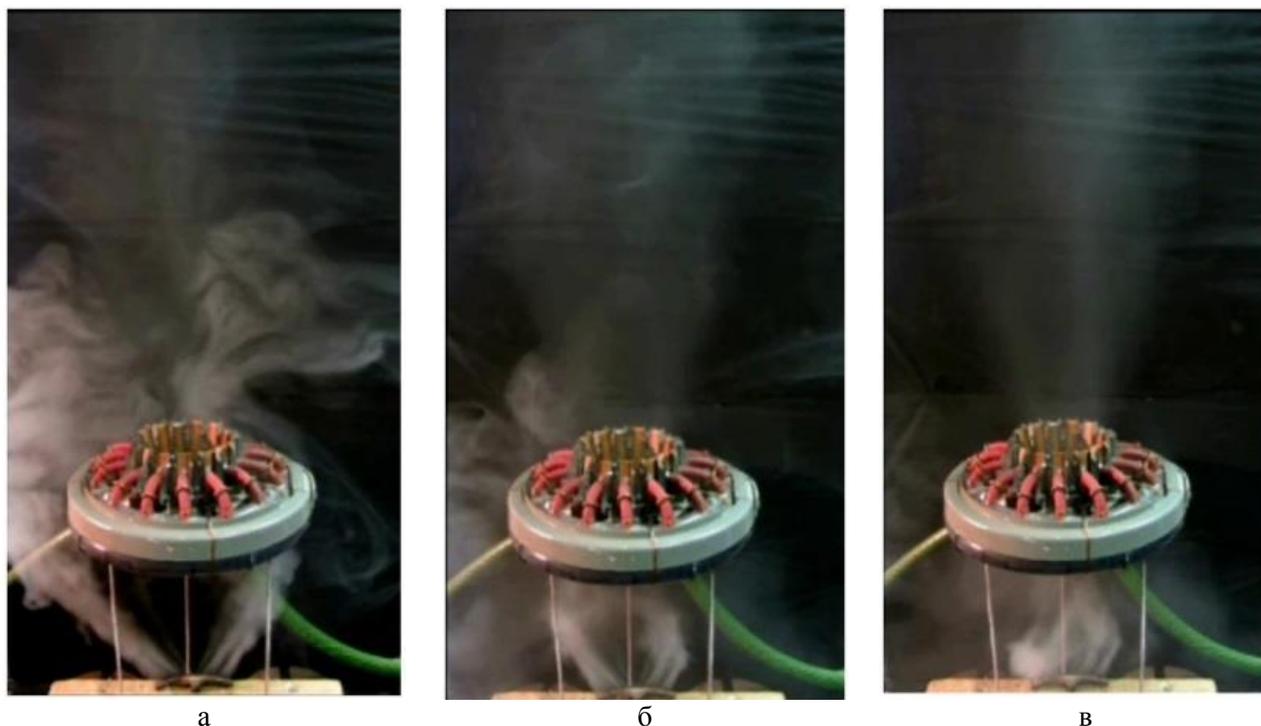


Рис. 4. Характерные картины потоков дыма, наблюдавшиеся при различных режимах функционирования безопасного вентилятора

В частности, для тестируемого безлопастного вентилятора данное соотношение составило 3:2. При таком соотношении зафиксированы максимальные значения коэффициента умножающего эффекта, составлявшие 10-15, а также проявляется эффект торнадо.

На третьем этапе модельных исследований провели серию экспериментов с целью подтверждения возможности применения безлопастного вентилятора в модернизированной системе газотосоа конвертера с вращающимся корпусом. В соответствии с ее структурной схемой, приведенной на рисунке 5, в ней наряду с центробежным дымососом 11 предусмотрено использование дополнительного вентилятора безлопастного типа 7. При этом дымосос, установленный непосредственно перед дымовой трубой 12, обеспечивает прокачку отводимых от кислородного конвертера 1 газов через аккумулятор тепла 8, скруббер 9 и рукавный фильтр 10. А безлопастной вентилятор 7, размещенный над вертикальным воздушным холодильником 5 и охватывающий его выходной носок 6, предназначен для эвакуации газопылевой смеси, попадающей в окружающее пространство в те промежутки времени, когда горловина конвертера отведена от колпака 2, через отверстие верхней торцевой части которого заведена наклонная кислородная

фурма 4, закрепленная на ходовой тележке 3 и совершающая качательные движения при реализации технологического процесса.

С целью проверки правильности принятых конструктивных решений еще на стадии проектирования, качественной и количественной оценки эффективности функционирования предложенного образца системы, обеспечивающей отвод газа от кислородного конвертера, изготовили в масштабе 1:10 модельный комплекс оборудования (фото на рис. 6), состав и последовательность размещения структурных элементов которого в точности соответствует схеме, показанной на рис. 5.

Известно, что в процессе выплавки стали в конвертере с корпусом, вращающимся относительно наклонной продольной оси, происходит полное дожигание CO до CO₂. При этом расход кислорода должен составлять 60 м³ кислорода на 1 т чугуна, а объем конвертерного газа в м³ за время плавки может быть выражен формулой, приведенной в работе [1]:

$$V_{кз} = 18,66 \cdot (C_1 - C_2) \cdot G,$$

где C₁ и C₂ – содержание углерода в металле в начале и конце продувки, %; G – масса садки конвертера, т.

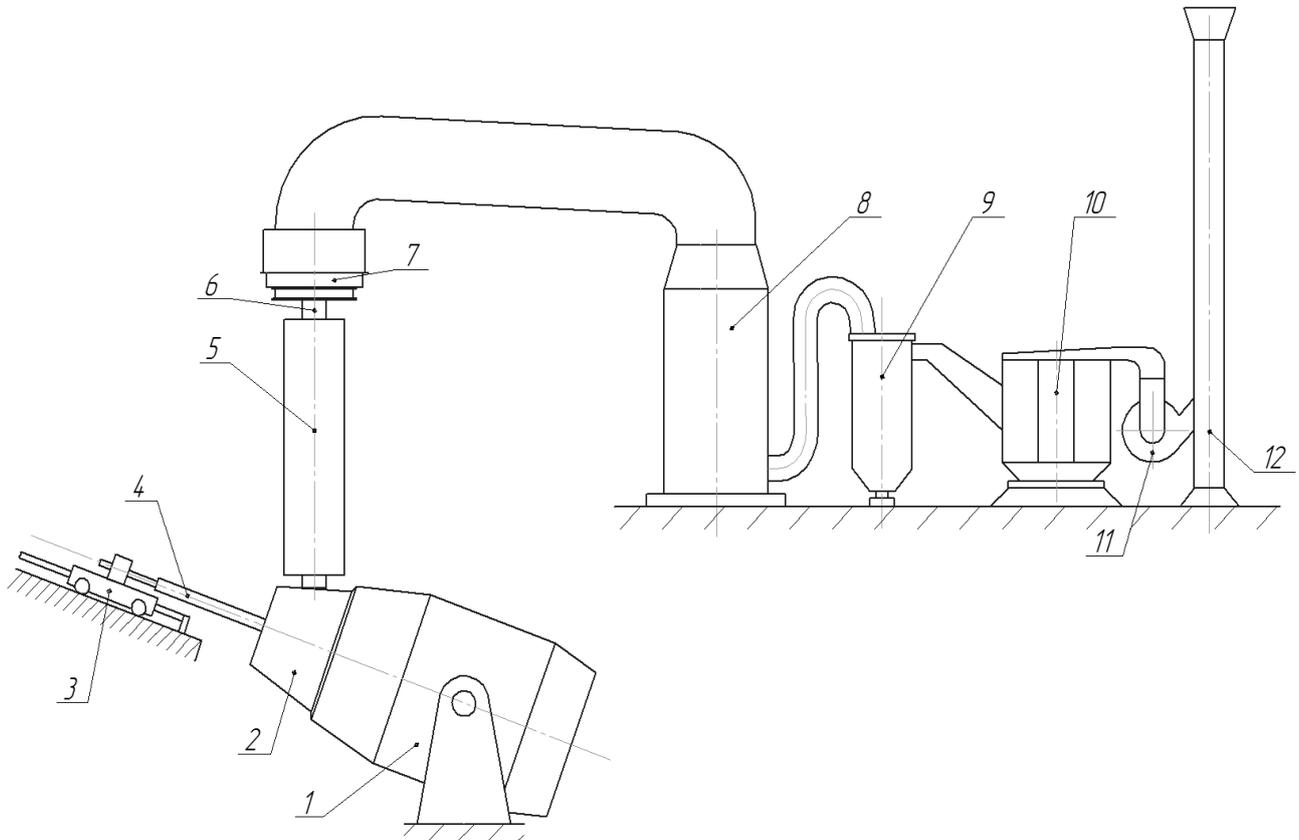


Рис. 5. Структурная схема модернизированной системы газотосоа кислородного конвертера с вращающимся корпусом

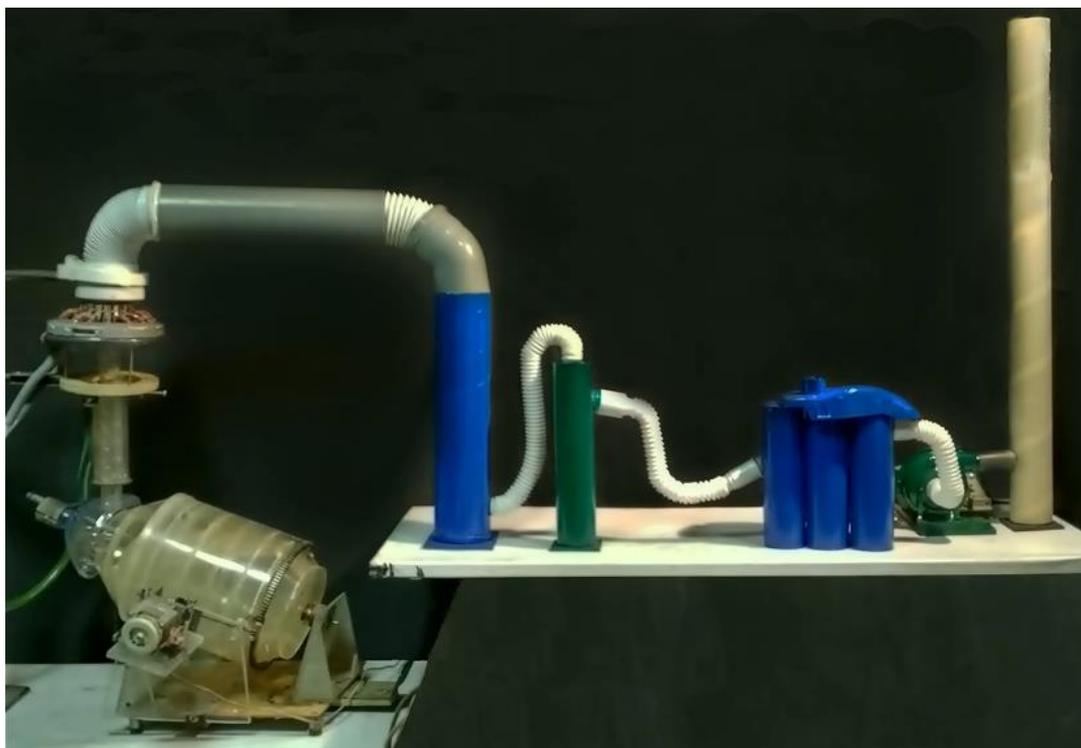


Рис. 6. Общий вид модельного комплекса системы газоотсоса

Для условной работы 10-тонного конвертера с продолжительностью продувки чугуна кислородом 30 мин система газоотсоса должна обеспечивать удаление $0,4 \text{ м}^3$ газовой смеси в секунду. Поскольку линейный масштаб уменьшения модели 10-тонного конвертера составляет $m_c=10$, то секундный объем отсасываемых из нее газов должен быть меньше в 10^3 раз по сравнению с натуральным образцом плавильного агрегата, т.е. $0,4 \text{ л/с}$.

Для указанной производительности рассчитали и изготовили модель центробежного дымососа, приводимого в действие электродвигателем постоянного тока с регулируемой частотой вращения вала. Затем с использованием жидкостного манометра, подключаемого к всасываемому патрубку дымососа, и газового расходомера, размещенного на его выхлопном патрубке, провели серию измерений, результаты которых позволили получить характеристику, устанавливающую связь между разрежением P_B и производительностью Q при заданном числе оборотов рабочего колеса. В характеристике вентилятора имеются две особые точки, одна из которых соответствует его холостому ходу, а другая холостому расходу. Первая точка имеет координаты $P_B=P_{B \text{ max}}$ и $Q=0$, а это означает, что вся энергия, сообщаемая приводным двигателем рабочему колесу, расходуется на создание разрежения во всасывающем патрубке в случае полного перекрытия его сечения. Вторая точка с координатами $P_B=0$ и $Q=Q_{\text{max}}$ характерна для самостоятель-

ной работы вентилятора, т.е. без подключения его к сети или устройству. В этом режиме функционирования вентилятора вся энергия, подводимая к его рабочему колесу, затрачивается на перемещение газовой среды и компенсацию потерь при ее прохождении через сам вентилятор. Естественно, что все возможные варианты работы вентилятора на газоотсос будут определяться положением линии $P_B=f(Q)$, построенной по координатам промежуточных точек. С учетом того, что планом эксперимента предусматривалась возможность регулирования работы модели дымососа, были получены значения, по которым построили графики (рис. 7), соответствующие

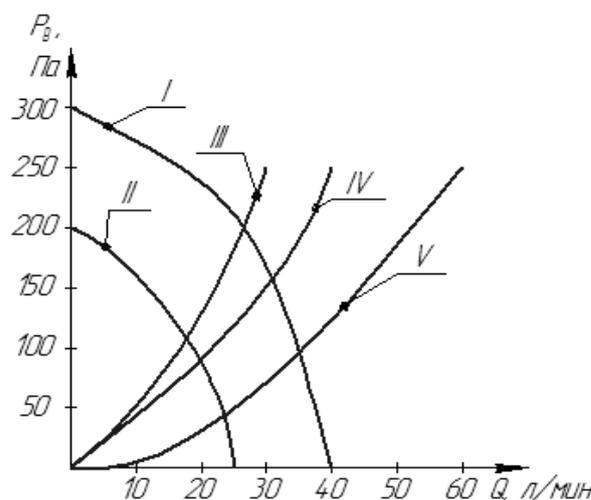


Рис. 7. Полученные характеристики моделей дымососа – I, II и обслуживаемой им сети – III, IV, V

двум скоростям вращения ее колеса 1500 об/мин (I) и 1000 об/мин (II).

Поскольку исследуемая модельная система состоит из вентилятора и сети, которую он обслуживает, приведенные на этом рисунке зависимости дополнены характеристикой, устанавливающей связь между аэродинамическим сопротивлением модели сети и расходом газа в ней, т.е. $\Delta P_{\Sigma} = f(Q)$. Характеристика модели сети учитывает все виды сопротивлений на пути движения газового потока от горловины модели конвертера до всасывающего патрубка модели дымососа. В соответствии с планом эксперимента предполагалось изменение характеристики сети (кривые III, IV, V) за счет увеличения гидравлического сопротивления модели рукавного фильтра посредством применения в нем тканей с различной газопропускной способностью, благодаря чему можно имитировать работу системы газоотсоса в процессе накопления пыли на поверхности матерчатых рукавов.

В ходе физического моделирования работы предложенной системы газоотсоса в полость модели кислородного конвертера через наклонную фурму с указанным расходом, контролировавшимся ротаметром, специальным насосом закачивали дым, позволяющий визуализировать картину распределения газовых потоков вблизи горловины модели сталеплавильного агрегата, интенсивность и траектории которых давали возможность качественно оценить эффективность эвакуации газов по предлагаемой схеме с использованием безопасного вентилятора в комплексе с дымососом (центробежным вентилятором).

Для последующего сравнительного анализа во время симуляции процессов, протекающих в каналах элементов моделируемой системы эвакуации газов, с помощью видеокамеры осуществляли скоростную видеосъемку картин распределения потоков светлого дыма, наблюдавшихся через прозрачные стенки моделей горловины конвертера, примыкающего к ней колпака и вертикально установленного воздушного холодильника.

Во время проведения видеосъемки имитировали несколько вариантов функционирования исследуемой системы, предполагающих реализацию процесса эвакуации дыма при отдельной и совместной работе дымососа и безопасного вентилятора.

Количество (объем) газа, образующегося в разные периоды плавки стали в кислородном конвертере, напрямую зависит от скорости выгорания углерода, т.е. является переменным, поэтому производительность дымососа должна быть равной или несколько больше максимальной интенсивности выделения газовой фазы в полости плавильного агрегата. При этом по ходу ведения технологического процесса, когда суммарный объем образующихся газов и дыма резко уменьшается, прибегают к снижению производительности дымососа.

Наиболее экономичным способом регулирования объема отсасываемого газа, как известно, считают тот, который предусматривает ступенчатое изменение скорости вращения рабочего колеса дымососа. В связи с этим вначале осуществляли проверку функционирования модельного комплекса в условиях, когда в его работе

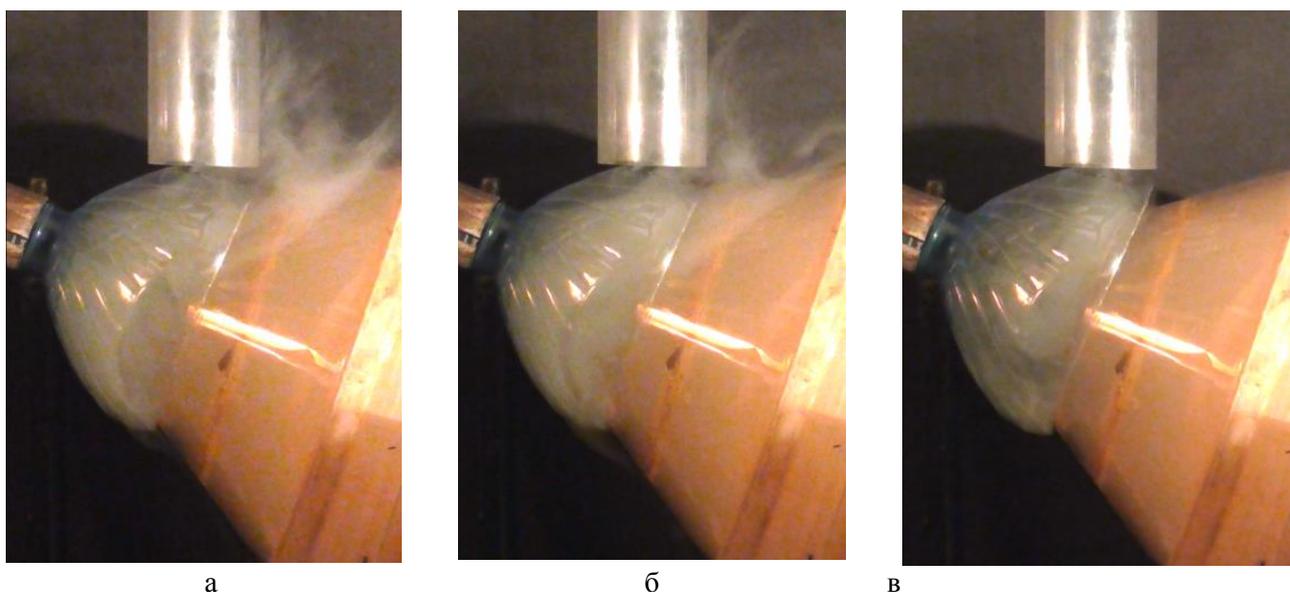


Рис. 8. Характерные картины распределения потоков дыма вблизи горловины модели конвертера при имитации процесса газоотсоса с использованием центробежного вентилятора

был задействован только центробежный вентилятор.

Просмотр отснятого видеоматериала в динамике и режиме «стоп-кадр» позволил установить главные особенности развития и движения потоков газа вблизи имевшихся зазоров в сочленениях элементов модели дымохода, а также в местах резкого изменения направления его канала. На рис. 8 приведены характерные картины потоков дыма, наблюдавшиеся вблизи зазора между горловиной модели конвертера и пристыкованного к ней колпака.

Результаты визуального контроля свидетельствуют о том, что, несмотря на экономичность, способ регулирования производительности дымососа путем ступенчатого изменения числа оборотов его колеса не обеспечивает гибкой подстройки системы газоотсоса к изменяющимся условиям работы. Так, при резком увеличении количества выделяющегося дыма, когда производительность дымососа оказывалась недостаточной и в окружающее пространство через зазоры попадали и газы (рис. 8а), перевод вентилятора на большую скорость вызывал различный

эффект в зависимости от характеристики обслуживаемой сети. Если ее рукавный фильтр имел повышенное гидравлическое сопротивление, дымосос не обеспечивал требуемого разрежения в полости колпака, состыкованного с горловиной модели конвертера, и через зазор между ними часть дыма все же попадала за пределы дымохода (рис. 8б). При пониженном гидравлическом сопротивлении модели рукавного фильтра, после увеличения скорости вращения колеса дымососа, наблюдался подсос воздуха через существующие зазоры в газоотводящий тракт (рис. 8в), что также является нежелательным последствием.

Поэтому заключительный этап модельных исследований был связан с изучением возможности использования безлопастного вентилятора в качестве дополнительного средства, позволяющего при работе в комплексе с дымососом обеспечить режим функционирования системы эвакуации конвертерных газов и дыма, при котором в наибольшей мере исключается их попадание в окружающую среду без надлежащей очистки. На основании результатов серии

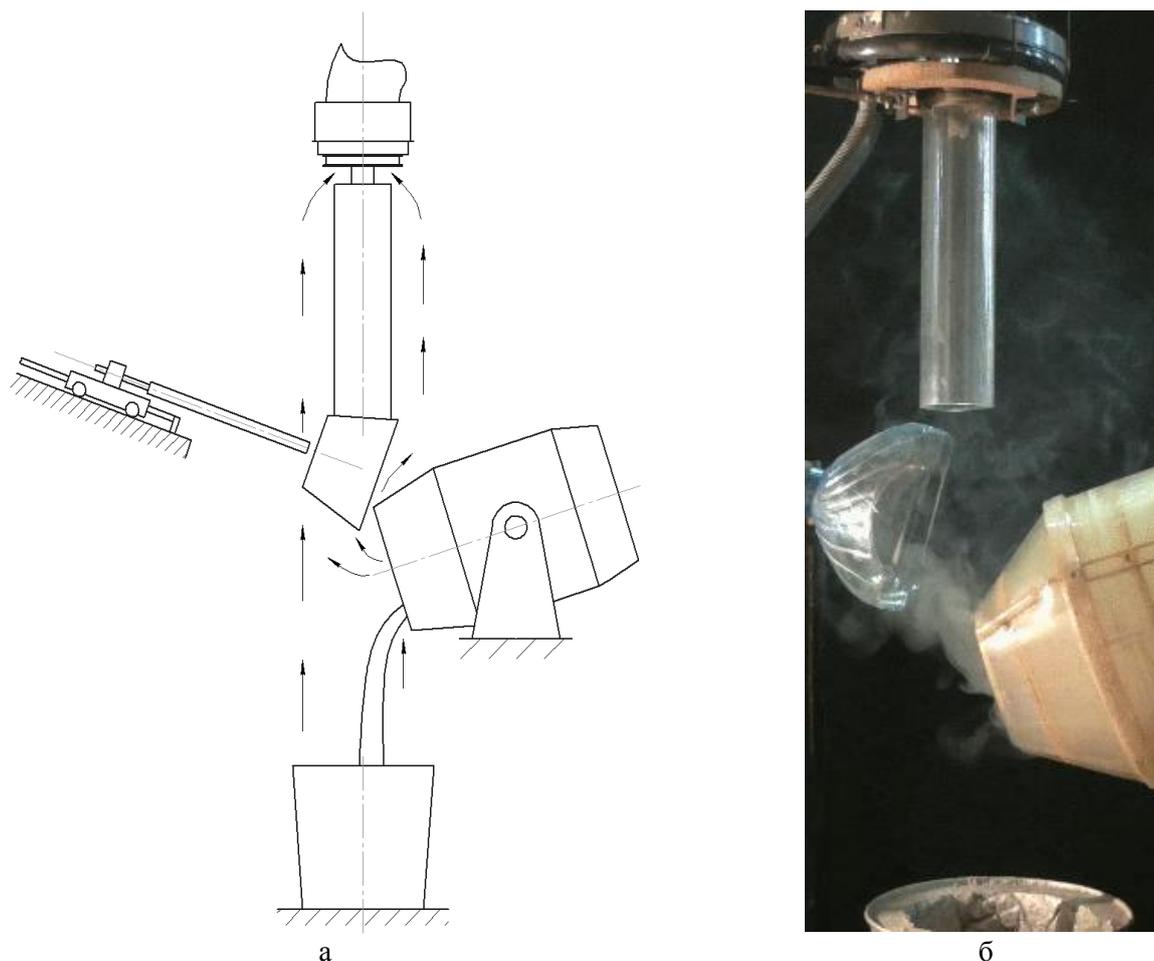


Рис. 9. Траектория движения газовых потоков во время слива металла из конвертера в ковш при одновременной работе безлопастного вентилятора и дымососа на схеме – а и на физической модели – б

экспериментов, проводившихся при различных комбинациях значений параметров, влияющих на эффективность газоотсоса из рабочего пространства модели кислородного мини-конвертера, корпус которого во время реализации сталеплавильного процесса совершает вращение относительно своей продольной оси, наклоненной под углом 16-20° к горизонтальной плоскости, были выданы практические рекомендации относительно режимов работы и порядка включения в нее центробежного дымососа и безлопастного вентилятора, входящих в состав модернизированной системы эвакуации и очистки конвертерных газов.

По ходу ведения сталеплавильного процесса водоохлаждаемый колпак и горловина конвертера могут занимать различное относительное положение при выполнении требуемых технологических операций. Во время продувки ванны с переменной интенсивностью кислородом колпак примыкает к горловине, а верхняя часть камина, коаксиально расположенная относительно сопла безлопастного вентилятора, заведена в отверстие газохода. Отсос конвертерных газов и дыма осуществляет дымосос, скорость вращения рабочего колеса которого должна быть такой, чтобы исключался выход газа через зазоры в окружающую среду или, наоборот, подсос воздуха в систему.

В ходе проведения скачивания шлака или его газодинамической отсечки при выпуске металла в разливочный ковш камин (рис. 9) должен быть опущен в нижнее положение, в котором его верхняя часть будет выведена из отверстия газохода.

В него с помощью запущенного безлопастного вентилятора закачивают газопылевую смесь, попавшую из конвертера и разливочного ковша в окружающее пространство. При одновременной работе дымососа и безлопастного вентилятора их производительности должны быть одинаковыми, что достигается посредством регулирования числа оборотов колеса центробежного вентилятора и объема воздуха, подаваемого в единицу времени к узлам формирования и завихрения потоков безлопастного вентилятора.

Благодаря такому порядку совместной работы дымососа и безлопастного вентилятора можно в значительной мере сократить объем вредных выбросов в окружающее пространство в тех случаях, когда горловина корпуса кислородного конвертера не состыкована с колпаком. Это обеспечивается за счет возбуждения вертикально направленных восходящих газовых потоков, вызванных эффектом торнадо, возникающим

при функционировании узла завихрения безлопастного вентилятора [9].

Выводы

Таким образом, качественные и количественные результаты модельных исследований эффективности функционирования модернизированной системы газоотсоса кислородного конвертера с вращающимся корпусом дают возможность еще на этапе конструкторно-технологической проработки нового технического решения исключить нерациональные варианты схем компоновки структурных блоков, обеспечивающих направленную циркуляцию выбросов газа и дыма.

В дальнейших исследованиях такой системы газоотсоса следует изучить вопрос о влиянии на ее надежность пылевых частиц, находящихся в отсасываемых газах и способных вызвать интенсивный абразивный износ металлических поверхностей полых сегментов узлов формирования и завихрения потоков безлопастного вентилятора.

Список литературы

1. Бойченко, Б.М. Конверторное производство стали: теория, качество стали, конструкции агрегатов, рециркуляция материалов и экология / Б.М. Бойченко, В.Б. Охотский, П.С. Харламин. – Днепропетровск: РВА «Днепро-ВАЛ», 2006. – 454с.
2. Miozzi, M. Experimental investigation of a free-surface turbulent jet with Coanda effects / M. Miozzi, F. Lalli, G.P. Pomano // Experiments in Fluids. – 2010. – Vol. 49. Issue 1. – P. 341-353.
3. Dragan, V. A new mathematical model for high thickness Coanda effect wall jets / V. Dragan // Review of the Air Force Academy. – 2013. – Issue 1(23). – P. 23-28.
4. Патент 2458254 РФ, F04D25/08. Вентилятор / П.Д. Гэммак, Ф. Николас, К.Д. Симмондз; Дайсон Текнолоджи Лимитед (GB); № 201012706/06, заявл. 10.10.2011; опубл. 10.08.2012.
5. Патент 2484383 РФ, F24F1/02. Вентилятор / Ф. Николас, К.Д. Симмондз; Дайсон Текнолоджи Лимитед (GB); № 2011128308/12, заявл. 27.01.2013; опубл. 10.06.2013.
6. Еронько, С.П. Перспективы и проблематика создания мини-агрегата для переработки некачественной шихты и металлсодержащих отходов / С.П. Еронько, Н.А. Климович // Черная металлургия. Бюл. ин-та «Черметинформация». – 2016. – № 5. – С. 26 -31.

7. Патент 2630443 РФ, МПК F24F 7/00. Узел безопасного вентилятора эвакуации газопылевых выбросов из промышленных агрегатов / Е.Н. Смирнов, С.П. Еронько, М.Ю. Ткачѐв и др.; заявл. 23.05.2016, опубл. 07.09.2017. Бюл. № 25.
8. Исследование на физической модели возможности использования принципа вентилятора Дайсона в системах газоотсоса металлургических агрегатов / С.П. Еронько, М.Ю. Ткачѐв, А.С. Сосонкин и др. // Металлургические процессы и оборудование. – 2014. – № 2. – С. 51-59.
9. Еронько, С.П. Моделирование газоотсоса от плавильных агрегатов с использованием безопасных вентиляторов / С.П. Еронько, М.Ю. Ткачѐв, Б.И. Стародубцев // Вестник института гражданской защиты Донбасса: научный журнал. – Донецк: ДонНТУ, 2015. – Выпуск 3(3). – С. 15-19.

S. P. Eron'ko /Dr. Sci. (Eng.)/, M.Yu. Tkachev /Cand. Sci. (Eng.)/, B. I. Starodubtsev
Donetsk National Technical University (Donetsk)

THE SIMULATION OF THE UPGRADED SYSTEM OF THE OXYGEN VESSEL GAS SUCTION WITH A ROTATING FRAME

Background. One of the tasks to be solved while creating a mini-melting unit with a rotating frame is to upgrade its gas suction system, stipulating the integrated use of the centrifugal exhauster and the so-called bladeless fan. The absence of a theory of calculation of parameters of this fan type determined the need to conduct model studies of its work in various modes of operation of the system for removing gas and dust during the steelmaking process in the oxygen vessel.

Materials and/or methods. During the laboratory experiment the technique of physical modeling used, in which with the test equipment and high-speed video recording the information received about the functioning parameters of the model complex simulating the operation of the upgraded system of the oxygen vessel gas suction with a rotating frame.

Results. On the basis of experimental data recommendations developed for the rational use of ventilation devices during the process operations at different relative position of the melting unit, the ladle and the flue parts immediately adjacent to the vessel mouth.

Conclusion. The modeling results confirm the correctness of the decisions, laid down in the upgraded gas suction system of the oxygen vessel, and allow, at the design stage, choosing its rational variants of application, enabling to minimize the amount of harmful emissions into the environment during the melting in the oxygen vessel.

Keywords: oxygen vessel, gas purification, Coanda effect, dust and gases evacuation, bladeless fan, radial type exhauster.

Сведения об авторах

С.П. Еронько

SPIN-код: 5911-0900
Author ID: 6701708282
ORCID iD: 0000-0002-5806-4723
Телефон: +380 (95) 762-39-33
Эл. почта: ersp@meta.ua

Б.И. Стародубцев

SPIN-код: 6417-7407
Телефон: +380 (71) 316-25-63
Эл. почта: starbor45@gmail.com

М.Ю. Ткачѐв

SPIN-код: 9855-0447
Author ID: 57189358257
ORCID iD: 0000-0001-5795-9595
Телефон: +380 (95) 360-92-22
Эл. почта: mishel-tkachev@ya.ru

Статья поступила 29.12.2017 г.
© С.П. Еронько, М.Ю. Ткачѐв, Б.И. Стародубцев, 2017
Рецензент д.т.н., проф. А.Б.Бирюков