

## МОДЕЛИРОВАНИЕ ГАЗОТСОСА ОТ ПЛАВИЛЬНЫХ АГРЕГАТОВ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ БЕЗОПАСНЫХ ВЕНТИЛЯТОРОВ

**Еронько С.П.** ГВУЗ «Донецкий национальный технический университет», заведующий кафедрой «Механическое оборудование заводов черной металлургии», д.т.н., проф.; **Ткачев М.Ю.** ГВУЗ «Донецкий национальный технический университет», аспирант; **Стародубцев Б.И.** ГВУЗ «Донецкий национальный технический университет», аспирант

*В статье приведены методика и результаты физического моделирования процесса эвакуации газов с использованием системы, работающей по принципу вентилятора Дайсона. Установлены параметры функционирования устройства, при которых обеспечивается максимальный насосный эффект с одновременным снижением энергетических затрат. Дана качественная оценка возможности применения безопасного вентилятора для реализации системы газоотсоса в условиях электросталеплавильного производства и отмечено положительное влияние возбуждаемых при этом воздушных потоков на условия функционирования элементов дуговой печи. Перечислены варианты расширения сферы внедрения вентилятора нового поколения и отмечен перечень задач, подлежащих решению в ближайшем будущем в ходе промышленного освоения нового аппарата для эвакуации газовых выбросов.*

**Ключевые слова:** *плавильный агрегат, пыль, газовый поток, физическая модель, вентилятор, система газоотсоса дуговой печи, насосный эффект.*

### **Постановка проблемы и ее связь с актуальными научными и практическими исследованиями.**

Процессы пыле- и газообразования, особо интенсивно протекающие в условиях металлургических производств, оказывают негативное влияние на экологическую обстановку в промышленных зонах и непосредственно прилегающих к ним местах компактного проживания местного населения. Снижение объемов выбросов в атмосферу, достигающих десятков тонн в сутки, является весьма актуальной задачей, решение которой требует разработки новых высокоэффективных способов эвакуации и очистки газов, образующихся при работе технологического оборудования, включающего сталеплавильные печи и агрегаты. Для реализации таких способов, как известно, используют вентиляторы, изобретенные в 1835 году в России, которые за свою 180-летнюю историю получили такое внедрение в промышленности, что их по праву можно отнести к наиболее распространенным аппаратам. Тем не менее, в результате поиска альтернатив радиальным (центробежным) и осевым вентиляторам, англичанином Джеймсом Дайсоном в 2009 году был предложен вариант вентиляторной системы, принцип действия которой основан на использовании эффекта Коанда [1, 2]. Достоинства вентилятора Дайсона заключается в его безопасности, благодаря отсутствию внешних вращающихся деталей и лопастей, а также обеспечиваемому большому расходу (в 4 – 5 раз) при одинаковой мощности в сравнении с известными механическими аналогами [3, 4]. Причем для создания воздушного потока, истекающего из кольцевого сопла вентилятора Дайсона, наряду с миниатюрной турбиной, могут использоваться компрессор или вакуумная установка [5, 6]. Существенным его недостатком является то, что при изготовлении кольцевого сопла со сложной конфигурацией профиля очень трудно выдержать жесткие допуски на размеры, в связи с чем его диаметр не превышает 600 мм, т.е. такая вентиляторная система применима пока только в быту. Поэтому задача расширения сферы ее использования, в частности, для реализации энергоэффективных способов отсоса газов из зоны размещения сталеплавильных агрегатов, имеет важное технико-экономическое значение в современных условиях. Успешное ее решение сопряжено с проведением экспериментальных исследований, результаты которых могут составить основу теории расчета промышленного образца такого вентилятора, а также обоснования конструктивных решений при его проектировании.

### **Изложение основного материала исследования.**

На кафедре механического оборудования заводов черной металлургии ДонНТУ начато проведение работ, связанных с разработкой безопасных вентиляторов с диаметром сопловой части свыше 2 м, что позволит их применять на промышленных сталеплавильных агрегатах для интенсивного отсоса образующихся в них продуктов горения. При создании такой вентиляторной системы было предложено новое техническое решение, направленное на упрощение реализации в ней эффекта Коанда и облегчение ее настройки, эксплуатации и обслуживания. Это достигнуто за счет использования секционной компоновки сопловой части вентилятора, предусматривающей ее исполнение из комплекта ячеек, имеющих контур внешней поверхности, показанный на рис. 1, и размещенных на кольцевой оправке с возможностью относительного поворота на определенный угол в радиальной плоскости, а также сообщающимися своими лопастями посредством гибких трубок с газораспределительным коллектором, имеющим форму тора (рис. 2).

В результате ранее проведенных исследований на плоских физических моделях [7] были определены углы установки рабочих ячеек относительно направления движения потока эвакуируемого газа, при которых обеспечивается наибольший насосный эффект. Под такими углами крепили ячейки, набранные в кольцевую секцию с внутренним диаметром  $d = 75$  мм. Тестирование объемной физической модели безлопастного вентилятора провели при дискретно изменявшемся по возрастанию его удалении  $L$  от места расположения газового источника и составлявшем соответственно  $L = 0,6 d$ ;  $L = 1,3 d$ ;  $L = 2d$ ;  $L = 2,7d$ ;  $L = 3,3 d$ .



Рис.1 Форма сопловых ячеек безлопастного вентилятора



Рис.2 Действующая модель предложенного вентилятора

В ходе эксперимента с помощью скоростной видеосъемки получили кинограммы развития процесса отсоса газа при различных режимах функционирования вентиляторной системы. В качестве примера на рис. 3 приведены наблюдавшиеся характерные картины изменения во времени объемов эвакуируемого газа при удалении вентилятора от его источника  $L = 0,6 d$ . Зафиксированные картины, наглядно иллюстрирующие интенсивность отсоса газа из зоны расположения его источника, позволили обосновать выбор размещения безлопастного вентилятора относительно верхней части модели обслуживаемого им агрегата.

На основании результатов обработки полученной информации подготовили и провели эксперимент по имитации процесса удаления газа в условиях электросталеплавильного производства из зоны расположения дуговой печи. Для чего в масштабе  $1 : 20$  изготовили ее модель и смонтировали над ней систему газоотсоса, включавшую модель безлопастного вентилятора, камин и отводящую трубу. Внутри модели печи помещали источник дыма (тлеющие древесные опилки), выходящего наружу через щели между сводом и корпусом, а также зазоры между электродами и кромками отверстий в своде (фото на рис. 4 а). После распространения облака дыма запускали безлопастной вентилятор и одновременно включали секундомер, фиксируя промежуток

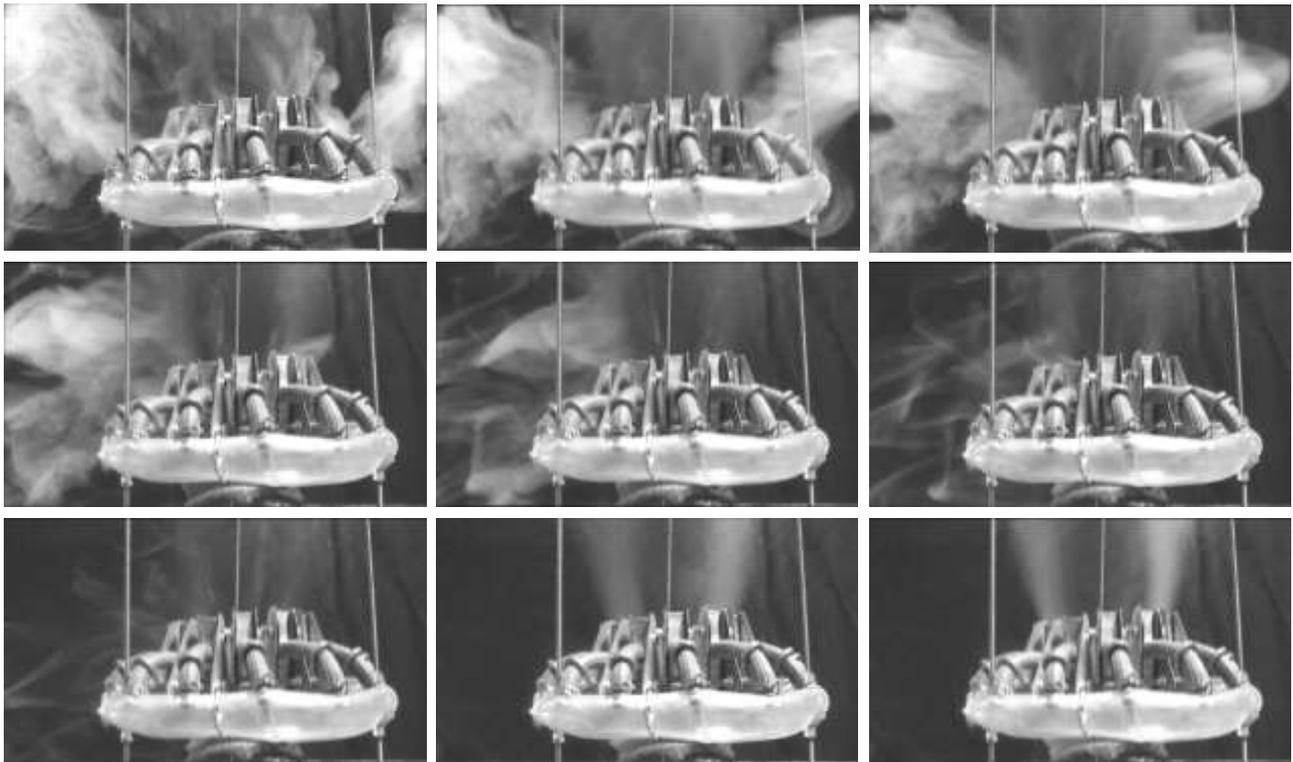


Рис. 3 Кинограмма характерной картины процесса эвакуации газа при удалении вентилятора от его источника  
 $L = 0,6d$

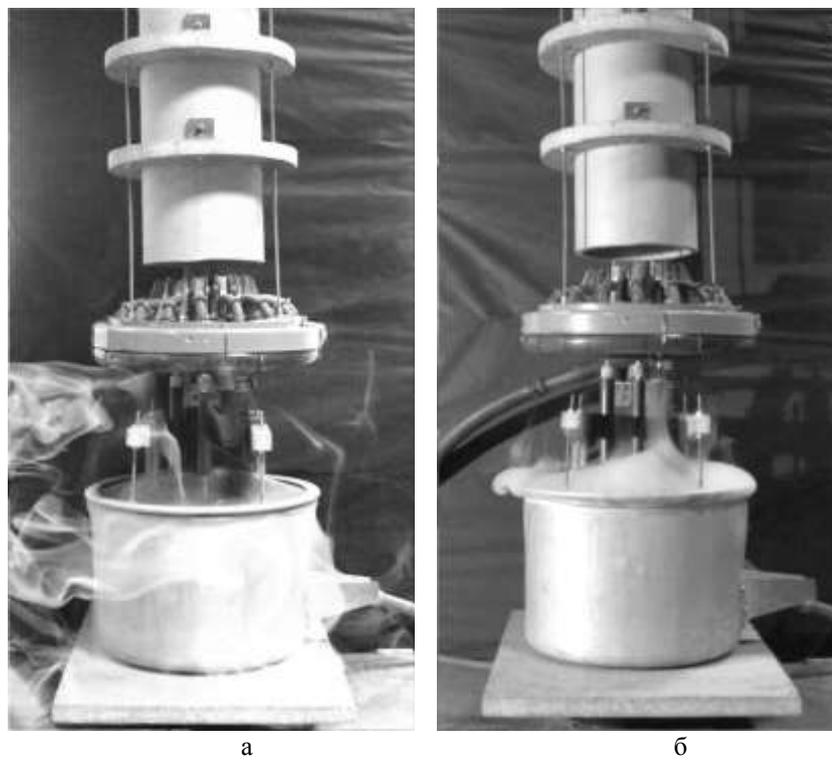


Рис. 4 Результаты физического моделирования неорганизованных пылегазовых выбросов от дуговой электропечи (а) и работы системы их эвакуации (б)

времени, в течение которого дым из окружающего печь пространства полностью удалялся через трубу, установленную над вентилятором, а дым, вышедший через зазор между сводом и корпусом плавильного агрегата, прямококом начинал попадать в ее канал (фото на рис. 4 б). Данные хронометража продолжительности работы вентилятора, требовавшейся для обеспечения полной эвакуации газа, выделившегося из модели дуговой печи, свидетельствуют о наличии четкой зависимости между требуемой длительностью включения вентиляторной системы и расходом воздуха, подаваемого в ее сопловую часть.. Визуальное наблюдение за характером движения воздушных масс в непосредственной близости от элементов модели дуговой печи, проводившееся путем многократного просмотра в динамике отснятых эпизодов, а также в режиме «стоп кадр», позволило сделать следующее заключение. Создающиеся благодаря работе вентилятора потоки в зоне эвакуации дают возможность значительно снизить негативное влияние горячих газов, омывающих электроды, элементы электрододержателя, арматуру рабочего окна и площадку для обслуживания электродов, на срок их службы. Охлаждение этими потоками поверхности электродов будет благоприятствовать замедлению процессов их окисления, а, следовательно, снижению расхода. По сравнению с зарубежными вентиляторными системами предлагаемая будет более выгодна как с точки зрения капитальных затрат при строительстве, так и с точки зрения энергоэффективности в процессе эксплуатации, что обусловлено наличием у нее «умножающего эффекта».

Результаты проведенного физического моделирования функционирования перспективного безопасного вентилятора явились исходной информацией, благодаря которой удалось значительно ускорить подготовку технической документации на разработку 3D-модели его пилотного образца с использованием системы автоматизированного проектирования КОМПАС - 3D (рис. 5). Созданная объемная модель

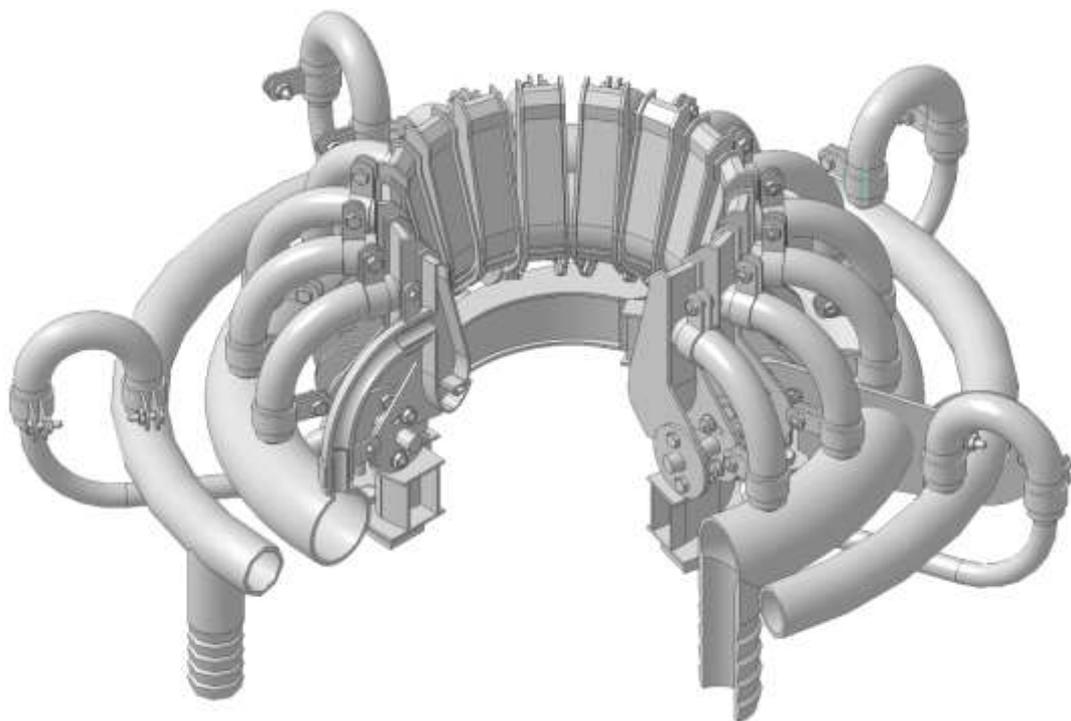


Рис. 5 3D модель системы эвакуации пылегазовых смесей

позволяет автоматически вносить коррективы в компоновочную схему проектируемого безопасного вентилятора в зависимости от задаваемого числа рабочих ячеек его сопловой части, а также угла их установки относительно оси потока эвакуируемого газа.

#### **Выводы и перспективы дальнейших исследований**

Предлагаемая система также может использоваться для удаления пыли и пара от клетей прокатных станов, вредных выделений от технологических ванн (например, при термической обработке), локализации рассеивания пылящих материалов во время их загрузки, пересыпки и перемещения. Ею могут оборудоваться посты сварки и пайки, машины, аппараты и сосуды химического производства и т.д. Она пригодна для охлаждения различных поверхностей и удаления пыли с них [8]. Однако, следует понимать, что данные, полученные с использованием плоских и объемных физических моделей, позволили пока дать только

качественную характеристику работе нового вентилятора, поэтому дальнейшие исследования должны включать проведение стендовых испытаний его пилотного образца с применением специальной контрольно-измерительной аппаратуры для фиксации значений таких рабочих параметров, как обеспечиваемый расход и так называемый «умножающий эффект», оцениваемый отношением объема эвакуируемого газа к затраченному объему рабочего газа. В перспективе целесообразно проведение дополнительных экспериментов с целью поиска эффективных мер по повышению указанных параметров вентиляторной системы. Предполагаемой действенной мерой, способствующей увеличению развиваемого вентилятором расхода, может послужить установка в сопловой части специальных завихрителей, вызывающих закручивание потока эвакуируемого газа. Следует также отметить важность разработки теоретических положений, на основании которых в будущем могут быть созданы математические модели, позволяющие не только рассчитывать оптимальные значения рабочих параметров проектируемой системы безлопастного вентилятора, но и прогнозировать степень ее влияния на аэродинамическую обстановку в зоне функционирования, а также выполнять сопоставительный анализ эффективности применения различных схем относительного размещения промышленных агрегатов и систем вентиляции, основанных на аппаратах нового типа.

#### Библиографический список

1. **Dragan V.A.** A new mathematical model for high thickness Coanda effect wall jets / V.A. Dragan // Review of the Air Force Academy. – 2013. – Issue 1(23). – P. 23-28.
2. **Tony L.** New testing of Coanda-effect screen capacities / L. Tony, T.L. Wahl // This paper prepared for poster presentation at: HydroVision International 2013 July 23-26. – Denver, CO, 2013. – 14 p.
3. **Miozzi M.** Experimental investigation of a free-surface turbulent jet with Coanda effect / M. Miozzi, F. Lalli, G.P. Ramano // Experiments in Fluids. – 2010. – Vol. 49, Issue 1. – P. 341-353.
4. **Wahl T.L.** Hydraulic Engineer - effect screens / T.L. Wahl // Journal of Hydraulic Engineering. – 2001. – Vol.127, Issue 6. – P. 480-488.
5. **Пат. 2458254 Российская Федерация, МПК F 04 D 25/08.** Вентилятор / Гэммак П.Д., Николас Ф., Симмондз К.Д.; заявитель и патентообладатель Дайсон Текнолоджи Лимитед (GB). – № 2010112706/06, заявл. 10.10.2011; опубл. 10.08.12, Бюл. № 28; приоритет 09.04.07, № 0717155.6 (GB). – 16 с.
6. **Пат. 2484383 Российская Федерация, МПК F 24 F 1/02.** Вентилятор / Николас Ф., Симмондз К.Д., заявитель и патентообладатель Дайсон Текнолоджи Лимитед (GB). – № 2011128308/12, заявл. 27.01.2013; опубл. 10.06.2013, Бюл. № 3; приоритет 11.12.08, № 0822612.8 (GB). – 21 с.
7. **Еронько С.П.** Исследование на физической модели возможности использования принципа вентилятора Дайсона в системах газоотсоса металлургических агрегатов / С.П. Еронько, М.Ю. Ткачев, А.С. Сосонкин и др. // Металлургические процессы и оборудование. – 2014. – № 2. – С. 51-59.
8. **Мысливец Д.К.** Использование высокоэффективного газоочистного оборудования в металлургической, цементной и других отраслях при новом строительстве и реконструкции. (ЗАО «СовПлим», Россия) / Д.К. Мысливец // Сборник докладов второй международной конференции «Пылегазоочистка-2009». – М.: ООО «Интехэк», 2009. – 144 с.

© С.П. Еронько, М.Ю. Ткачев, В.И. Стародубцев, 2015

E-mail: [ersp@meta.ua](mailto:ersp@meta.ua), [mishel-tkachev@ya.ru](mailto:mishel-tkachev@ya.ru)

Рецензент д.т.н., проф. Ю.Ф. Булгаков

## SIMULATION OF THE MELTING UNIT GAS SUCTION FROM USING FAN WITHOUT BLADES

**Eron'ko S. P.** SHEI “Donetsk National Technical University”, Dr. Sci. (Eng.). Professor. Head of the Chair “Mechanical equipment of ferrous metallurgy plants”; **Tkachev M. Y.** SHEI “Donetsk National Technical University”, Postgraduate of the Chair “Mechanical equipment of ferrous metallurgy plants”; **Starodubtsev B. I.** SHEI “Donetsk National Technical University”, Postgraduate of the Chair “Mechanical equipment of ferrous metallurgy plants”.

*The paper presents the methodology and results of a physical simulation of the process of evacuation of gases using the system, operating on the principle of Dyson fan. The parameters of operation of the device, which provide maximum pump effect while reducing energy costs. A qualitative assessment of the possibility of using fan without blades to implement the system in a gas suction electric steel production, and noted a positive influence excited by this gas flows under the terms of the functioning of the elements of the arc furnace. Listed options for extending the implementation of a new generation of fans and marked the list of tasks to be solved in the near future in the industrial development of the new device for the evacuation of gas emissions*

**Keywords:** melting unit, dust, gas flow, physical model, fan, arc furnace gas suction system, pumping effect.