

УДК 669.015.7

**МОДЕЛИРОВАНИЕ РАБОТЫ ВЕНТИЛЯТОРОВ  
В СИСТЕМЕ МЕСТНОГО ГАЗООТСОСА**

Еронько С.П., Ткачев М.Ю., Цыхмистро Е.С., Грищук М.Ю.  
ГОУ ВПО «Донецкий национальный технический университет»,  
г. Донецк, ДНР

*Представлены результаты физического моделирования работы осевого, центробежного и безлопастного вентиляторов. Сопоставительный анализ полученных результатов исследования подтверждает возможность использования безлопастного вентилятора в энергоэффективных системах местного газоотсоса.*

*The results of physical modeling of axial, centrifugal and blade-free fans are presented. A comparative analysis of the results of the study confirms the possibility of using a bladeless fan in energy-efficient systems of local gas suction.*

*Ключевые слова: безлопастной вентилятор, эффект Коанда, осевой вентилятор, центробежный вентилятор, физическое моделирование.*

*Key words: fanless fan, Coanda effect, axial fan, centrifugal fan, physical modeling.*

Необходимость выполнения санитарных норм по обеспечению требуемого микроклимата на рабочих местах внутри цеховых помещений предполагает использование систем местного отсоса газопылевых выделений, образующихся при реализации различных технологических процессов [1]. С целью повышения эффективности функционирования подобных систем в последние годы проводились изыскания, связанные с созданием новых вентиляторных устройств. В частности, за рубежом активизированы теоретические и экспериментальные исследования вентиляторов, вызывающих направленное движение газовых потоков без применения рабочих колес с закрепленными на них лопатками или лопастями [2-5]. Примером успешной практической реализации подобной системы может служить вентилятор, предложенный в 2009 г. англичанином Джеймсом Дайсоном и защищенный несколькими патентами [6-7]. Конструктивно указанный вентилятор выполнен в виде полого кольца, форма поперечного сечения которого показана на рис. 1. При

## **ИННОВАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ ПРОЕКТИРОВАНИЯ, ИЗГОТОВЛЕНИЯ И ЭКСПЛУАТАЦИИ ПРОМЫШЛЕННЫХ МАШИН И АГРЕГАТОВ**

---

подаче в полость кольца под давлением рабочего воздуха первичный воздушный поток, истекающий из щели, направляют на поверхность, имеющую соответствующую кривизну, что приводит к возбуждению вторичного воздушного потока благодаря увлечению воздуха из внешней среды.

Достоинства вентилятора Дайсона заключаются в его безопасности, благодаря отсутствию внешних вращающихся элементов, а также в обеспечении большего расхода при одинаковой мощности в сравнении с механическими вентиляторами. Существенным его недостатком является то, что при изготовлении кольцевого сопла очень трудно выдержать жесткие допуски на размеры, в связи с чем диаметр вентилятора не превышает 600 мм, поэтому он нашел применение пока только в быту.

С целью реализации возможности промышленного использования подобной вентиляторной системы сотрудниками кафедры «Механическое оборудование заводов черной металлургии» им. профессора Седуша В.Я. Донецкого национального технического университета разработан и запатентован вентилятор, отличающийся от известных аналогов тем, что в нем применена секционная компоновка, предусматривающая формирование сопловой части (рис. 2) из набора полых сегментов 4, имеющих контур внешней поверхности, аналогичный форме сечения полого кольца вентилятора Дайсона. Сами сегменты размещены на кольцевой оправке с возможностью относительного поворота на определенный угол в радиальной плоскости и сообщаются своими полостями посредством гибких трубок 3 с воздухораспределительной камерой 2, имеющей форму тора. На входе горловины, образованной сегментами 4, размещен завихритель формирующегося потока, включающий полые сегменты 5 с щелевыми соплами и внутренней поверхностью Коанда, которые закреплены последовательно по окружности на несущей скобе в плоскости, перпендикулярной продольной оси горловины. При этом полости сегментов 5 посредством трубопроводов 7 сообщаются со второй торообразной воздухораспределительной камерой 6. Обе распределительные камеры снабжены патрубками 1 и 8 для подключения их к источнику сжатого воздуха [8].

Для качественной и количественной сопоставительной оценки применения разработанного вентилятора в системе местного газоотсоса авторами проведены лабораторные исследования эффективности его функционирования в идентичных условиях в сравнении с вентиляторами осевого и радиального типов, имевших схожие геометрические параметры, указанные в таблице.

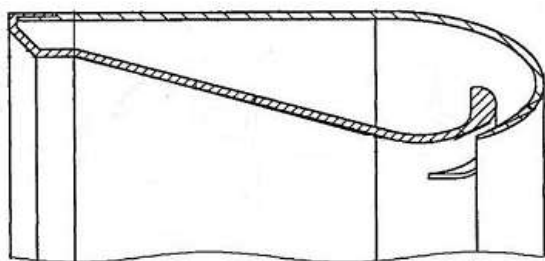


Рисунок 1 – Поперечное сечение полого кольца вентилятора Дайсона

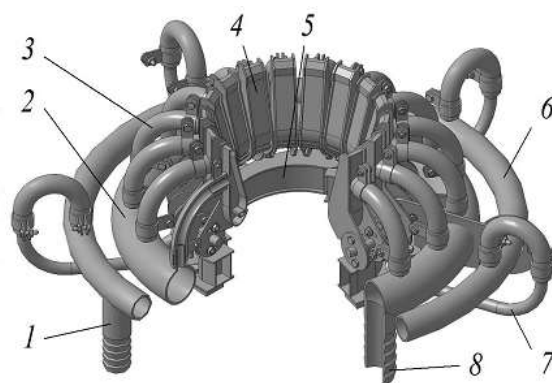


Рисунок 2 – 3D модель разработанного вентилятора

Таблица – Параметры использовавшихся в ходе исследований вентиляторов

Тип вентилятора	Вид рабочего узла	Диаметр рабочего узла, мм	Частота вращения рабочего колеса, об/мин	Создаваемое давление, Па	Потребляемая мощность, Вт
Безлопастной	Сопло	90	-	12000	300
Осевой	Колесо с лопастями	100	1000	500	60
Радиальный	Колесо с лопатками	100	12200	11000	360

Эксперименты проводили на лабораторной установке, схематично представленной на рис. 3 и включающей стойку 6, верхней своей частью поддерживающую открытый зонт 7, связанный

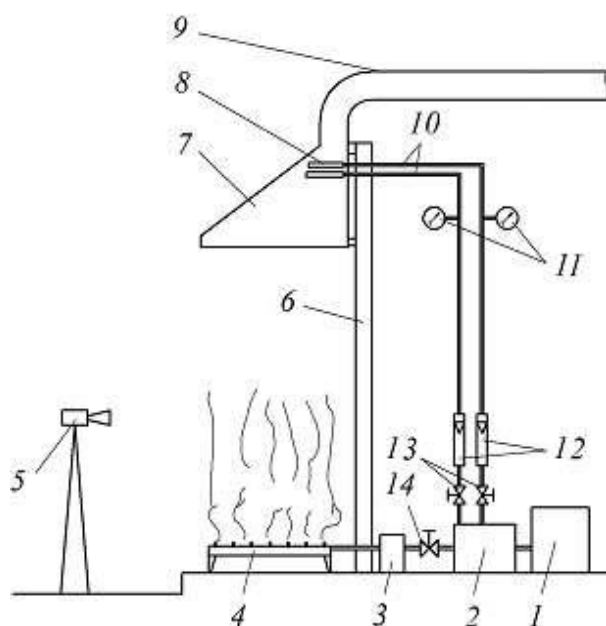


Рисунок 3 – Схема лабораторной установки

с горизонтально расположенным отводящим трубопроводом 9, имевшим внутренний диаметр 100 мм и длину 2 м. Внутри зонта 7 перед его выходным отверстием размещали безлопастной вентилятор 8, газораспределительные камеры которого посредством трубопроводов 11 были связаны с ресивером 2, сглаживающим пульсации расхода и давления воздуха, нагнетаемого компрессором 1 в рабочую сеть. Расход воздуха раздельно подаваемого к сегментам сопловой части и завихрителя вентилятора контролировали с помощью ротаметров 12, а плавное его регулирование осуществляли вентилями 13. Для фиксации давления в трубопроводах 10 служили манометры 11. Визуализацию потоков, возбуждаемых вентилятором 8, обеспечивали дымом, образующимся в генераторе 3 при регулируемой с помощью вентиля 14 подаче воздуха в его полость, заполненную тлеющими древесными опилками. Поступавший из генератора дым с помощью полого кольца 4 через отверстия малого диаметра в его стенке распространялся в нижней части рабочей зоны, расположенной под зонтом 7. Запись картин распределения восходящих газовых потоков в процессе работы системы вентиляции выполняли установленной на штативе видеокамерой 5.

После проведения эксперимента с использованием безлопастного устройства опыты повторили, последовательно применяя осевой и радиальный вентиляторы. При этом осевой вентилятор также размещали внутри зонта, а центробежный устанавливали на выходе газоотводящего трубопровода.

На рис. 4 приведены фотографии характерных картин потоков дыма, наблюдавшихся при его отсосе из рабочей зоны с помощью вентиляторов различных типов. Следует отметить, что фотографии получены из видеозаписей с использованием режима «стоп-кадр» путем отбора изображений через одинаковые промежутки времени для каждого из тестируемых вентиляторов, благодаря чему можно было судить об обеспечиваемой ими интенсивности отсоса дыма. Наряду с этим оценивали также мощность, затрачиваемую ими для возбуждения восходящих дымовых потоков. Для механических вентиляторов мощность рассчитывали путем перемножения значений напряжения и тока, зафиксированных с помощью соответствующих измерительных приборов в питающей сети во время функционирования системы газоотсоса.

Затрачиваемую мощность при функционировании предложенного вентилятора определяли как произведение значений напряжения и тока, зафиксированных при работе компрессора, подававшего под давлением воздух к камерам системы.



Рисунок 4 – Характерные картины газовых потоков при моделировании работы системы местной вентиляции, снабженной безлопастным (а), осевым (б) и центробежным (в) вентиляторами

Результаты обработки полученной информации свидетельствуют о том, что при работе безопасного, осевого и радиального вентиляторов с одинаковыми геометрическими параметрами узла возбуждения направленного воздушного потока значения потребляемой ими электрической мощности соответственно составили 300, 60 и 360 Вт. С учетом визуально зафиксированной интенсивности эвакуации дыма из рабочей зоны, находящейся под вытяжным зонтом, можно сделать вывод о том, что вентилятор предложенной конструкции может успешно применяться в системах местного газоотсоса наряду с существующими механическими вентиляторами.

**Выводы.** Таким образом, экспериментальным путем установлено, что предложенная новая конструкция безопасного вентилятора, принцип действия которого основан на эффекте Коанда, может быть успешно применена в модернизируемых и разрабатываемых системах местного газоотсоса.

#### **Список литературы**

1. Боровицкий А.А. Современная промышленная вентиляция / А.А. Боровицкий, С.В. Угорова, В.И. Тарасенко. – Владимир: Изд-во Владим. гос. ун-та, 2011. – 59 с.
2. Wahl T.L. Hydraulic performance of Coanda effect screens // *Journal of Hydraulic Engineering*. 2001. Vol. 127, Issue 6. P. 480–488.
3. Miozzi M., Lalli F., Romano G.F. Experimental investigation of a free-surface turbulent jet with Coanda effect // *Experiments in Fluids*. 2010. Vol. 49, Issue 1. P. 341–353.
4. Dragan V. A new mathematical model for high thickness Coanda effect wall jets // *Review of the Air Force Academy*. 2013. Issue 1 (23). P. 23–28.
5. Tony L., Wahl T.L. New testing of Coanda-effect screen capacities // This paper prepared for poster presentation at: *Hydro Vision International 2013* July 23-26. Denver, CO, 2013. 14 p.
6. Пат. 2458254 РФ, МПК F04D25/08. Вентилятор / Гэммак П.Д., Николас Ф., Симмондз К.Д.; заявл. 10.10.2011, опубл. 10.08.2012. Бюл. № 22.
7. Пат. 2484383 РФ, МПК F24F1/02. Вентилятор / Николас Ф., Симмондз К.; заявл. 27.01.2013, опубл. 10.06.2013. Бюл. № 16.
8. Пат. 2630443 РФ, МПК F24F7/00, F04D25/00, F04D29/00. Узел безопасного вентилятора для эвакуации газопылевых выбросов из промышленных агрегатов / Смирнов Е.Н., Еронько С.П., Ткачев М.Ю. и др.; заявл. 23.05.2016, опубл. 07.09.2017. Бюл. № 25.