

УДК 551.468.

ВЫБОР ФОРМЫ ВЫХОДНЫХ ОТВЕРСТИЙ ДЛЯ ПОВЫШЕНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ ВОЗДУШНОГО ПОТОКА ПРИ ЗЕРНООЧИСТКЕ

А. В. КЛОЧКОВ, Р. В. БОГАТЫРЕВ

УО «Белорусская государственная сельскохозяйственная академия»,
г. Горки, Республика Беларусь, 213407

(Поступила в редакцию 14.10.2019)

Воздушные потоки используются в зерноочистительных машинах, и важными параметрами являются скорость воздуха в различных зонах воздушной струи и зона ее распространения. После выхода из отверстия свободная струя воздуха характеризуется определенными параметрами, которые зависят от ряда условий, в том числе от формы выходного отверстия. Проведены экспериментальные исследования отверстий площадью 500 мм² круглой, прямоугольной и фигурной (⊥ – образной формы) формы. С помощью анемометра Testo 410-1 определялась скорость воздуха в различных точках воздушной струи. Установлено, что использование отверстия прямоугольной формы с размерами 50 x 10 мм позволяет достичь увеличения скорости воздуха вдоль оси потока на 3,1 м/с (от 2,0 до 4,1 м/с с изменением удаления от отверстия) в сравнении с круглым отверстием. В сравнении с фигурным отверстием среднее увеличение скорости воздуха составляет 1,6 м/с и изменяется в пределах 1,0–2,1 м/с. Это можно объяснить более компактным формированием воздушной струи после выхода из отверстия прямоугольной формы. В вариантах опытов ширины распространения воздушной струи ограничена расстоянием до 0,3–0,5 м от оси. Полученные результаты могут быть использованы для выбора вариантов отверстий с целью повышения энергетической эффективности воздушных устройств и определения требуемой скорости воздуха для необходимого технологического воздействия.

Ключевые слова: воздушный поток, скорость воздуха, форма отверстия воздушной форсунки.

Air flows are used in grain cleaning machines and important parameters are the air speed in different zones of air stream and its distribution zone. After leaving the hole, a free stream of air is characterized by certain parameters, which depend on a number of conditions, including the shape of the outlet. Experimental studies of holes with an area of 500 mm² of round, rectangular and figured (⊥ - shaped) shape were carried out. Using a Testo 410-1 anemometer, air velocity was determined at various points in the air stream. It has been established that the use of a rectangular hole with dimensions of 50 x 10 mm makes it possible to achieve an increase in air velocity along the flow axis by 3.1 m / s (from 2.0 to 4.1 m / s with a change in the distance from the hole) in comparison with a round hole. Compared to a figured hole, the average increase in air velocity is 1.6 m / s and varies between 1.0–2.1 m / s. This can be explained by a more compact formation of an air stream after exiting a rectangular opening. In the experimental variants, the width of the air jet propagation is limited by the distance to 0.3–0.5 m from the axis. The results can be used to select hole options in order to increase the energy efficiency of air devices and determine the required air speed for the required technological impact.

Key words: air flow, air speed, air nozzle hole shape.

Введение

При работе многих сельскохозяйственных машин используются воздушные потоки, которые служат для очистки и разделения зерна, перемещения растительных материалов, интенсификации различных процессов. Создаваемые вентиляторами потоки воздуха подаются в рабочие зоны по специальным воздухопроводам. При этом параметры и форма выходных отверстий для воздуха способны оказывать влияние на характеристики технологического процесса и его эффективность. После выхода из отверстия образуется воздушная струя – это воздушный поток, образующийся при выходе из воздухопровода в пространство большого объема, не имеющий твердых границ [1, 2]. Воздушная струя состоит из нескольких зон с различными режимами потоков и скоростями перемещения воздуха [3]. Зона, представляющая наибольший практический интерес, – это основной участок. Скорость в центре (скорость вокруг центральной оси) является обратно пропорциональной расстоянию от диффузора или клапана, т.е. чем дальше от диффузора, тем меньше скорость воздуха. Воздушная струя полностью развивается на основном участке, и преобладающие здесь условия будут оказывать решающее воздействие на режим потоков в заданном направлении.

Основная часть

От формы диффузора или проходного отверстия воздухораспределителя зависит форма воздушной струи. Круглые или прямоугольные проходные отверстия создают компактную воздушную струю конической формы. Исследованию незатопленной струи (основного ее участка) посвящены многочисленные работы [1–3]. Основными параметрами, которые определялись теоретически и экспериментально являются сила давления на преграды, угол расширения, определяющий компактность струи. Входными факторами являлись диаметр насадка, форма и чистота его обработки, давление внутри источника воздуха.

Для того чтобы воздушная струя была абсолютно плоской, проходное отверстие должно быть более чем в двадцать раз шире своей высоты. Воздушные веерные струи получаются при прохождении через совершенно круглые проходные отверстия, где воздух может распространяться в любых направлениях, как в приточных диффузорах.

Скорость воздуха в каждой части струи можно рассчитать теоретически. Для расчета скорости на определенном расстоянии от выходного отверстия, необходимо знать скорость воздуха на выходе, его форму и тип воздушной струи, который им формируется. Таким же образом, возможно рассмотреть, как варьируют скорости в каждом профиле струи. Используя эти расчеты, можно описать кривые скорости для всей струи. Это дает возможность определить области, которые имеют одну и ту же скорость. Эти области называются изовелами (линии постоянной скорости).

Коэффициенты истечения зависят от числа Рейнольдса, степени сжатия потока, вида отверстия или насадка и другие факторы. Так, при плавном очертании насадка коэффициент расхода принимают от 0,98 до 1; для цилиндрического насадком с фаской – 0,9, а с острой входной кромкой – около 0,88. Для внутренних цилиндрических насадок коэффициент расхода измеряется в пределах 0,71–0,81 [2].

По исследованиям Г. Н. Абрамовича и других авторов [4], движение струи газа или жидкости можно характеризовать следующим образом (рис. 1).

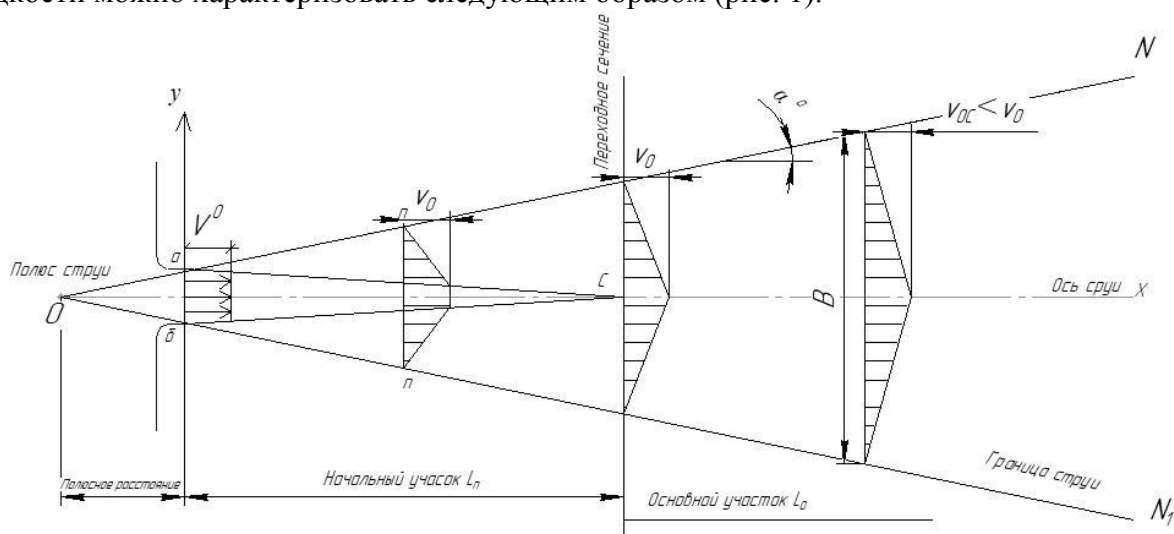


Рис. 1. Схема и основные параметры воздушной струи

В выходном сечении «а-б» скорости потоков во всех точках сечения равны между собой. На протяжении длины L_n (начальный участок) осевая скорость постоянна по величине и равна скорости выходного сечения V^0 . В некотором промежуточном сечении n начального участка эпюра скоростей имеет вид, указанный на рис. 1. Далее осевая скорость постепенно уменьшается. Участок струи L_o , на котором осевая скорость $V_{0c} < V_0$, называют основным, а сечение струи, отделяющее начальный участок от основного, переходным. В области треугольника abc во всех точках струи скорости потока равны V_0 ; эта область образует так называемое ядро струи. На граничных линиях ON и ON' продольные скорости равны нулю; эти линии пересекаются на оси в точке O , называемой «полусом».

Если в пределах струи между указанными граничными линиями ON и ON' построить изотакхи (линии равных скоростей) то они образуют систему линий, напоминающих собой пламя свечи или газовой горелки. Эту систему, построенную в относительных координатах (как отношение абсолютной скорости к скорости в выходном отверстии), называют факелом, а теорию поля в этой области – теорией факела. Эпюра абсолютных скоростей в каком-либо поперечном сечении основного участка струи шириной «В» обычно получают опытным путем.

Целью исследований являлось определение скорости воздушного потока и зоны его распространения после выхода из отверстий одинаковой площади, но различной формы, для определения перспектив его эффективного технологического использования при очистке зерна от соломы и других примесей.

Основная часть

Замеры скорости воздушного потока производились анемометром для измерения скорости и температуры воздуха Testo 410-1, измерительным элементом которого является встроенная крыльчатка диаметром 40 мм. Прибор позволяет производить замеры скорости потока воздуха в диапазоне 0,4–20 м/с с погрешностью $\pm 0,2$ м/с и разрешением 0,1 м/с.

Исследования проводились с отверстиями круглой (диаметр 25 мм), прямоугольной (горизонтальная щель размером 10 х 50 мм) и фигурной $\perp$ -образной (ширина 10 мм и длина прорезей 25 мм) формы. Площадь выходного отверстия для всех исследуемых вариантов составляла 500 мм². Заставки с исследуемыми отверстиями поочередно устанавливались на выходном патрубке центробежного вентилятора и скорость на выходе составляла около 20 м/с (с учетом возможностей замера используемым прибором). Вдоль оси воздушного потока натягивалась упругая нить и замеры скорости воздуха проводились начиная с удаления 0,2 м от выходного отверстия с интервалом 0,1 м вдоль оси и при удалении от оси в противоположные стороны. Замеры осуществлялись в 3-кратной повторности с определением средних значений и статистических коэффициентов. При использовании отверстий прямоугольной и фигурной формы замеры скорости воздуха на удалении 0,2 м при одинаковом режиме работы вентилятора произвести не удалось ввиду ограничения возможностей анемометра.

Полученные данные показывают, что использование прямоугольного отверстия позволяет достичь вдоль оси потока увеличения скорости воздуха на 3,1 м/с (от 2,0 до 4,1 м/с с изменением удаления от отверстия) в сравнении с круглым отверстием (рис. 2). В сравнении с фигурным отверстием среднее увеличение скорости воздуха составляет 1,6 м/с и изменяется в пределах 1,0–2,1 м/с. Это можно объяснить более компактным формированием воздушной струи после выхода из отверстия прямоугольной формы.

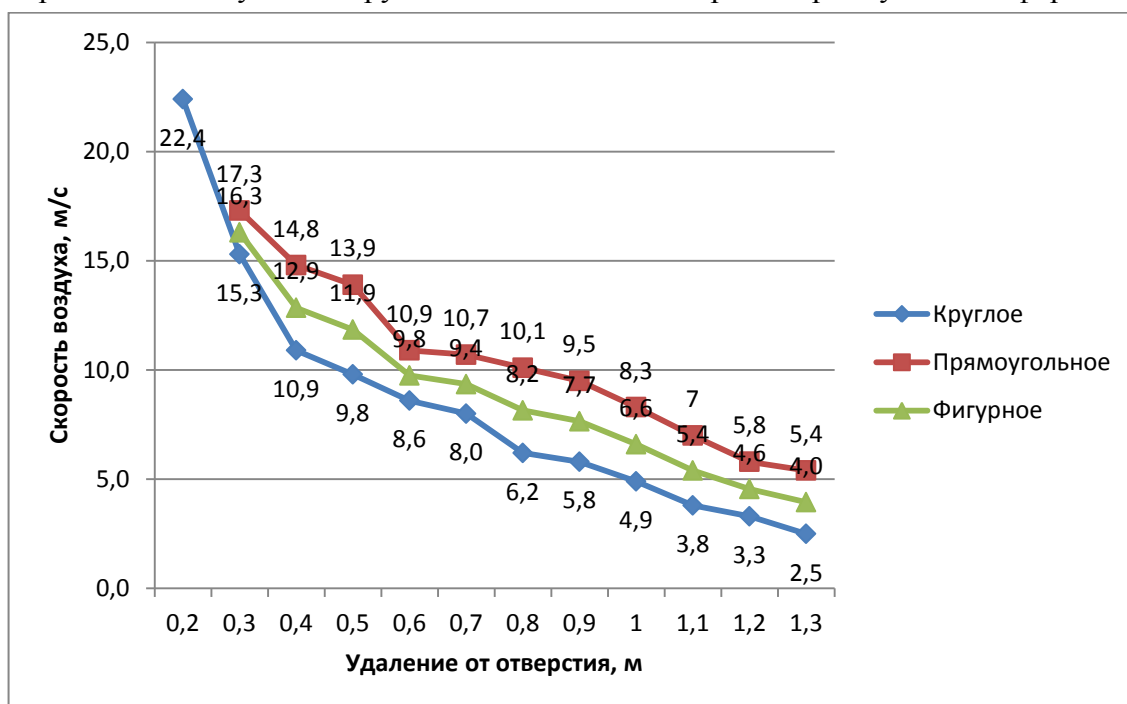
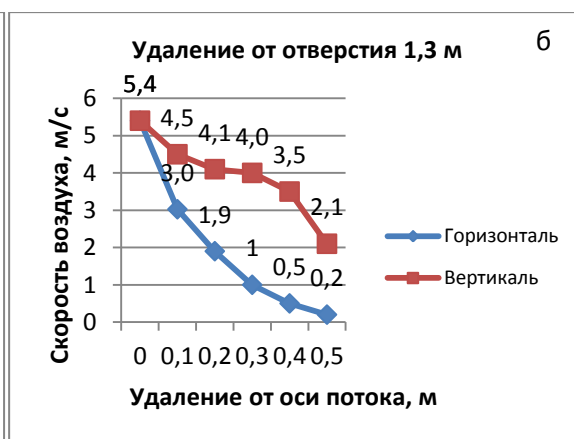
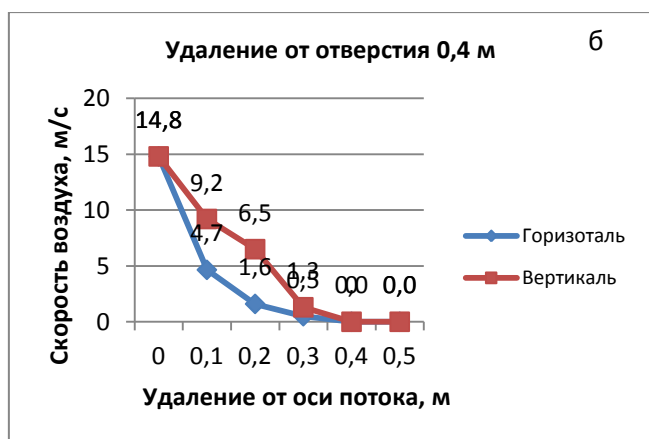


Рис. 2. Изменение скорости воздушного потока с удалением от выходного отверстия различной формы

Рассмотрим более подробно параметры распространения воздушной струи и скорость воздуха в поперечных сечениях воздушных потоков после выхода из отверстий различной формы.

При использовании отверстия круглой формы воздушный факел имеет вид конуса и скорость прослеживается на удалении до 0,3–0,4 м от оси потока (рис. 3, а).



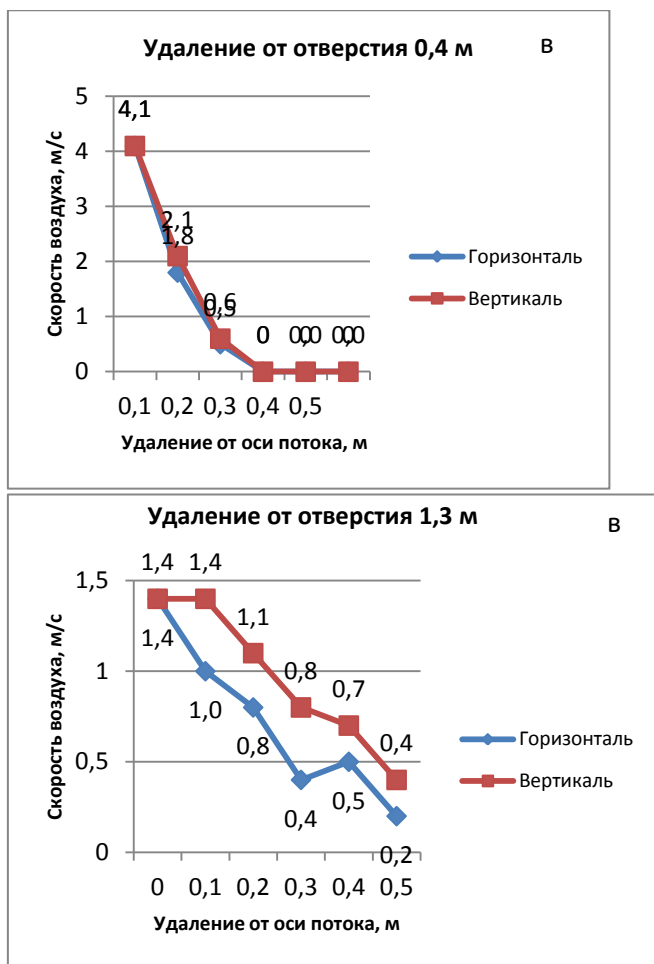


Рис. 3. Изменение скорости воздушного потока после выхода из отверстия круглой (а), прямоугольной (б) и фигурной (в) формы с удалением от отверстия и оси потока

С удалением от 0,4 до 1,3 м от отверстия скорость по центру оси уменьшается от 10,9 до 2,5 м/с. Во всех сечениях отмечается равномерное уменьшение скорости воздуха при удалении от оси воздушного потока.

Параметры воздушного потока при использовании отверстия прямоугольной формы анализировались в горизонтальной и вертикальной плоскостях (рис. 3, б). Во всех вариантах наблюдений (удалений от отверстия) скорость воздуха в вертикальной плоскости значительно превышает отмечаемую в горизонтальной плоскости в соответствующих сечениях. Следовательно, ограничение параметров воздушной струи после истечения из отверстия прямоугольной формы способно обеспечить более высокие скорости воздуха, особенно в вертикальной плоскости. При этом скорости воздуха прослеживаются на удалении 0,3–0,5 м от оси потока.

Фигурное отверстие по своим характеристикам занимает промежуточное положение между круглым и прямоугольным (рис. 3, в). Различия между скоростью воздуха в горизонтальной и вертикальной плоскостях становятся менее заметными. При удалении от отверстия на 0,4–1,3 м скорость воздуха по оси потока снижается от 4,1 до 1,4 м/с. Основной факел распространения воздуха ограничен расстоянием в 0,4–0,5 м от оси потока.

Заключение

Параметры воздушной струи зависят от формы выходного отверстия. Сравнительные исследования трех типичных форм отверстий (круглого, прямоугольного и фигурного $\perp$ -образного) позволили установить следующее.

1. Использование отверстия прямоугольной формы с размерами 50 x 10 мм позволяет достичь увеличения скорости воздуха вдоль оси потока на 3,1 м/с (от 2,0 до 4,1 м/с с изменением удаления от отверстия) в сравнении с круглым отверстием. В сравнении с

фигурным отверстием среднее увеличение скорости воздуха составляет 1,6 м/с и изменяется в пределах 1,0–2,1 м/с. Это можно объяснить более компактным формированием воздушной струи после выхода из отверстия прямоугольной формы.

2. В вариантах опытов ширина распространения воздушной струи ограничена расстоянием до 0,3–0,5 м от оси.

Полученные результаты могут быть использованы для выбора вариантов отверстий с целью повышения энергетической эффективности воздушных устройств и определения требуемой скорости воздуха для необходимого технологического воздействия при работе зерноочистительных машин.

ЛИТЕРАТУРА

1. Бройд, И. И. Струйная геотехнология / И. И. Бройд. – М.: Изд-во АСВ, 2004. – 448 с.
2. Соколов, Е. Я. Струйные аппараты / Е. Я. Соколов, Н. М. Зингер. – М.: Энергоатомиздат, 1989, – 352 с.
3. Безухов, А. П. Зависимость угла раскрытия струи воды водовоздушного эжектора от количества растворенного воздуха / А. П. Безухов. – М.: Современное машиностроение. Вып.2. – 2000. – С. 56–59.
4. Абрамович, Г. Н. Теория турбулентных струй / Г. Н. Абрамович. – Репринтное воспроизведение издания 1960 г. – М.: Эколит, 2011. – 720 с.