

УДК 621.928.93

Способ повышения эффективности процесса очистки запылённого воздушного потока циклоном аспирационных систем зерновых сепараторов

Е.А. Гаек, И.С. Бекетова

*Харьковский национальный технический университет сельского хозяйства
им. П. Василенка (г. Харьков, Украина)*

В работе приведены результаты экспериментальных исследований разработанного циклона. Для этого были исследованы следующие факторы: скорость воздушного потока, расстояние между дисками, угол наклона лопастей завихрителя, ширина открытия жалюзи, частота вращения ротора электродвигателя и размер частиц дисперсной фазы. В результате которых были получены диапазоны варьирования.

Из проведенного обзора конструкций и способов повышения эффективности очистки воздушного потока существующих аппаратов следует, что наиболее перспективным направлением повышение эффективности работы аспирационных систем является комбинирование устройств различного принципа действия. Авторами предложена конструкция прямооточного циклона с активным ротором, на котором установлен лопастный завихритель. Он предназначен для придания дисперсным частицам пыли траектории отводящей их через жалюзи из рабочей зоны аппарата. Оставшиеся дисперсные частицы в запыленном воздушном потоке при помощи дискового доочистителя также отводятся через жалюзи. Очищенный воздушный поток между дисками и отводным отверстием внутри дисков проходит к выходному патрубку. Реализация перспективного способа комбинированием устройств различного принципа действия заключалось в создании циклона с многодисковым доочистителем. Конструкция предусматривает воздействие сил инерции и гравитации на дисперсные частицы.

Разработанный циклон предназначен для очистки запылённого воздушного потока от частиц примесей и пыли. Устанавливается второй ступенью доочистки на жалюзийно инерционный отделитель.

Таким образом, разработанный циклон имеет две степени очистки. В первой, за счет действия лопастного завихрителя отделяются тяжелые и крупные частицы примесей, а во второй, за счет действия многоярусных дисков воздушный поток доочищается от мелкодисперсной фазы.

Эффективность очистки запылённого воздушного потока зависит от размера частиц дисперсной фазы. Для экспериментальных исследований использовалась крупно и мелкодисперсная фаза.

В ходе исследований были получены зависимости коэффициента очистки разработанного циклона от исследуемых факторов. В результате которых разработанный циклон показал высокий коэффициент очистки $\eta = 75 - 95\%$.

Ключевые слова: эксперимент, циклон, очистка, примеси, скорость, воздушный поток, аспирация, ротор, завихритель, жалюзи.

Анализ вопроса и задачи исследования.

Технологический процесс передвижных сепараторов-ворохоочистителей СВС-15, СВС-5, ОВП-20, ОВВ-20, ОВС-25, СВС-25 сопровождается выделением примесей и пыли. Согласно ГОСТ 12.1.005-88 [1] запыленность воздуха обслуживающей зоны работающего персонала не должна превышать 4 мг/м^3 .

Для поддержания нормированной запыленности воздушного потока зерноочистительные машины снабжены пылеулавливающими устройствами, которые, согласно ГОСТ 25199-82 [2], представляют собой систему элементов, состоящую из пылеуловителя (аппарата для

очистки газа от взвешенных частиц), разгрузочного устройства, регулирующего оборудования и вентилятора.

Производительность зерноочистительных машин связана с необходимостью улучшения процесса очистки воздушного потока от примесей и дисперсной фазы. Отделение таких частиц от воздушного потока происходит за счет центробежных и гравитационных сил. Проблему представляют легкие частицы (семена сорных растений, мелкодисперсная пыль и т.д.), которые движутся в потоке. Отделение этих частиц, вследствие их небольшой массы, весьма затруднительна. Предложенная конструкция пря-

моточного циклона с многодисковым доочистителем позволит решить поставленную задачу и внедрить в производство [3] (рис. 1).

Целью работы является повышение эффективности процесса очистки воздушного потока путём применения разработанного циклона, определение его конструктивно-кинематических параметров.

Реализация перспективного способа комбинированием устройств различного принципа действия. Конструкция предусматривает воздействие сил инерции и гравитации на дисперсные частицы [3] (рис. 1, 2).

Запылённый воздушный поток поступает в циклон на лопасти подвижного завихрителя 4, который вращается с помощью двигателя 6. Центробежные силы направляют дисперсные частицы к стенкам корпуса 1 и через отверстия 7 в пылесадочную камеру 8. Очищенный воздушный поток выходит из циклона через диски доочистителя 5. За счет небольшого расстояния между дисками и отверстия внутри, оставшиеся дисперсные частицы не могут пройти и отбрасываются через отверстия 7 в пылесадочную камеру 8.

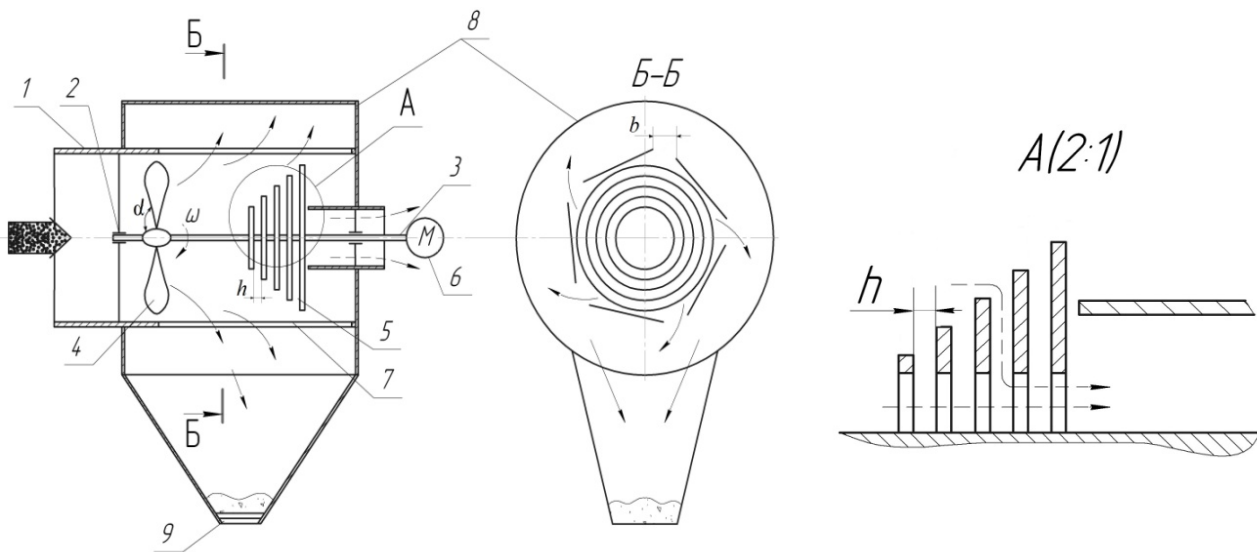


Рис. 1. Конструктивная схема разработанного циклона с многодисковым доочистителем:

- 1 – цилиндрический корпус; 2 – опоры; 3 – вал; 4 – завихритель; 5 – многодисковый доочиститель; 6 – электродвигатель; 7 – жалюзи; 8 – пылесадочная камера; 9 – шлюзовой затвор;
 ➔ – движение запылённого воздушного потока; ➔ – дисперсных частиц;
 - - - ➔ – очищенного воздушного потока.

Для определения оптимальных конструктивно-кинематических параметров разработанного циклона были проведены исследования. Для этого были выбраны следующие факторы и их диапазоны варьирования: скорость воздушного потока $V = 6 - 13$ м/с; расстояние между дисками (рис. 1) $h = 0,5 - 1,5$ мм; угол наклона лопастей завихрителя $\alpha = 10^\circ - 30^\circ$; ширина открытия жалюзи $b = 5 - 20$ мм, частота вращения ротора электродвигателя $\omega = 250 - 2000$ об/мин.

Эффективность очистки запылённого воздушного потока разработанного циклоном определялась по уравнению [5]:

$$\eta = \frac{M_{\text{улов}}}{M_{\text{общ}}} 100\%$$

где: $M_{\text{улов}}$ – масса уловленной пыли циклоном;

$M_{\text{общ}}$ – масса пыли, которая находится в исходном воздушном потоке.

В ходе исследований были получены зависимости коэффициента очистки разработанного циклона от исследуемых факторов при различных конструктивно-кинематических параметрах (рис. 3 - 6) [6].

Анализом (рис. 3) установлено, что дальнейшее увеличение частоты вращения вала завихрителя до 2000 об/мин повышает коэффициент очистки незначительно: на 0,8 - 2,2%. С уменьшением ширины открытия жалюзи до 15 мм (рис. 3) наблюдается изменение тенденции в зависимости «скорость воздушного потока – коэффициент очистки».

Рациональный диапазон частоты вращения вала составит 500 - 1000 об/мин.

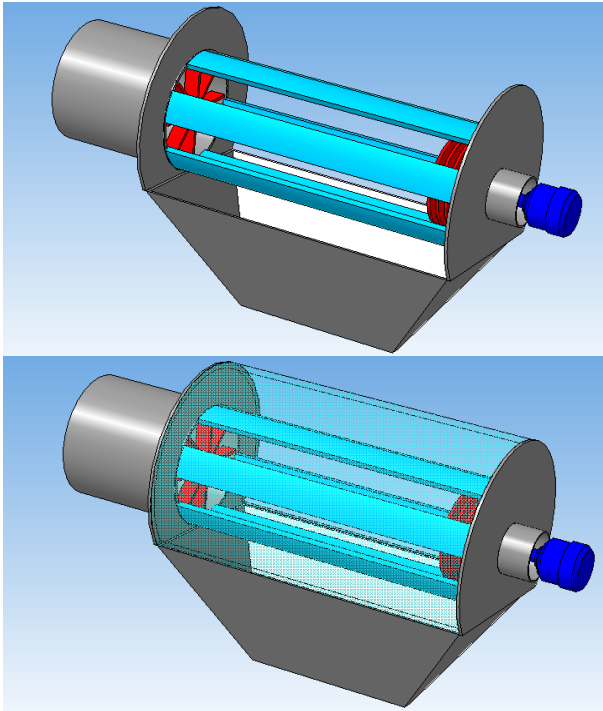


Рис.2. Общий вид разработанного циклона с многодисковым доочистителем

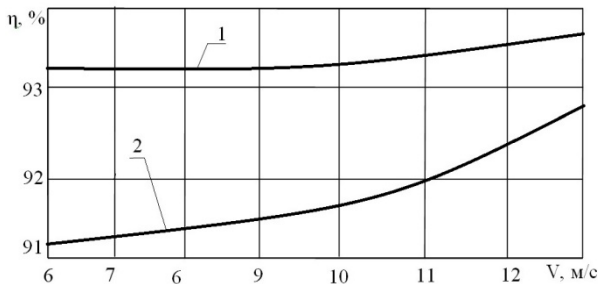


Рис. 3. Зависимости коэффициента очистки циклона от скорости воздушного потока, при: 1 – $\omega = 2000$ об/мин; 2 – $\omega = 1000$ об/мин; ($N = 6$ шт; $h = 1$ мм; $\alpha = 20^\circ$; $b = 15$ мм)

Результатом исследований влияния угла наклона лопастей завихрителя на эффективность процесса очистки воздушного потока в разработанном циклоне есть полученные зависимости (рис. 4). Анализом существующих исследований [4] было установлено, что оптимальные углы наклона лопастей завихрителя в аналогичных пылеуловителях составляет $10^\circ - 30^\circ$. Анализом полученных зависимостей (рис. 5) установлено, что максимальный коэффициент очистки циклона составляет 90,1 - 92,8% получен при угле наклона лопастей $10^\circ - 20^\circ$.

Одним из факторов, которые влияют на коэффициент очистки циклона есть доочистка воздушного потока на выходе. Для этого разра-

ботано активное устройство – доочиститель, в виде многоярусных дисков, которые имеют отверстие внутри и расположены на расстоянии h (рис. 1) друг от друга.

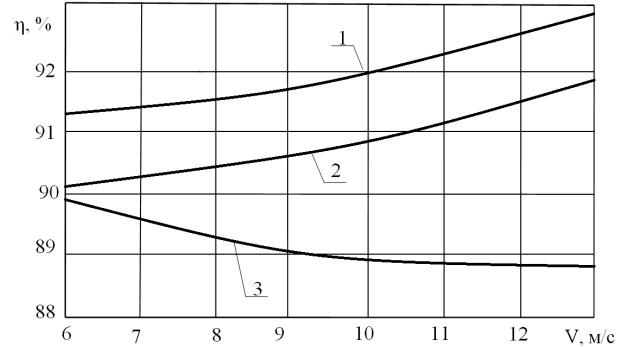


Рис. 4. Зависимости коэффициента очистки разработанного циклона от скорости воздушного потока, при: 1 – $\alpha = 20^\circ$; 2 – $\alpha = 10^\circ$; 3 – $\alpha = 30^\circ$; ($N = 6$ шт; $h = 1$ мм; $b = 15$ мм; $\omega = 1000$ об/мин)

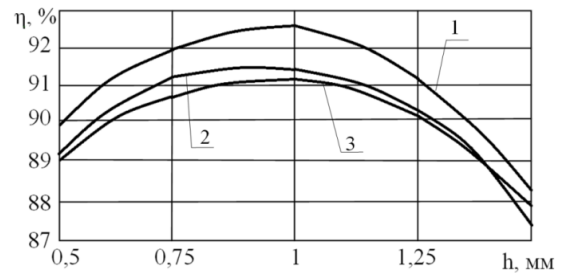


Рис. 5. Зависимости коэффициента очистки разработанного циклона от расстояния между дисками доочистителя, при: 1 – $V = 6$ м/с; 2 – $V = 10$ м/с; 3 – $V = 13$ м/с; ($N = 6$ шт; $\alpha = 20^\circ$; $b = 15$ мм; $\omega = 1000$ об/мин)

Анализом зависимостей (рис. 5) установлено, что расстояние между дисками доочистителя, при котором обеспечивается максимальная эффективность циклона $\eta = 90,2 - 92,4\%$, составляет $h = 0,75 - 1,25$ мм.

Эффективность очистки запылённого воздушного потока зависит от размера частиц дисперсной фазы. Для экспериментальных исследований использовалась дисперсная фаза состоящая из 50% крупно дисперсных частиц 150 - 200 мкм и 50% мелко дисперсных 40 - 50 мкм. В ходе исследований были получены зависимости коэффициента очистки разработанного циклона от размера частиц дисперсной фазы (рис. 6, 7) [7].

Анализом зависимостей (рис. 6, 7) установлено, что разработанный циклон имеет высокий коэффициент очистки запылённого воздушного

потока ($\eta = 75 - 95\%$) от дисперсных частиц различного диаметра, характерных для зерно перерабатывающей промышленности.

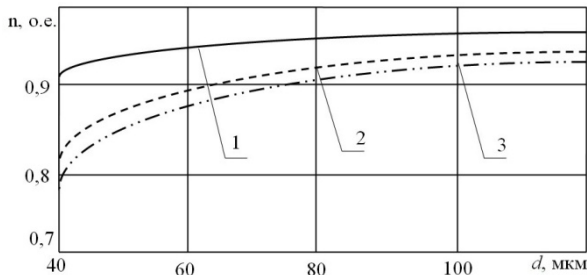


Рис. 6. Зависимости коэффициента очистки воздушного потока от размера уловленных частиц дисперсной фазы, при: 1 – $\omega = 1000$ об/мин; 2 – $\omega = 500$ об/мин; 3 – $\omega = 250$ об/мин; ($V = 6$ м/с; $N = 6$ шт; $h = 1$ мм; $\alpha = 20^\circ$; $b = 15$ мм)

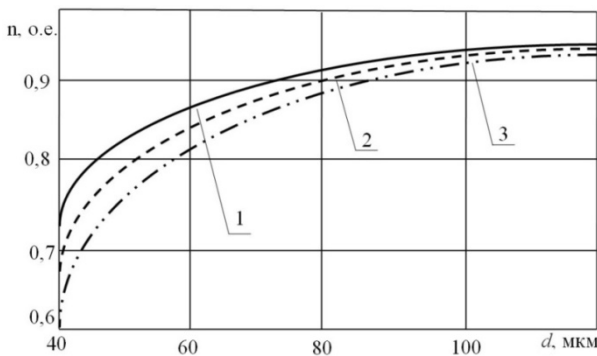


Рис. 7. Зависимости коэффициента очистки воздушного потока от размера уловленных частиц дисперсной фазы, при: 1 – $\omega = 1000$ об/мин; 2 – $\omega = 500$ об/мин; 3 – $\omega = 250$ об/мин; ($V = 10$ м/с; $N = 6$ шт; $h = 1$ мм; $\alpha = 20^\circ$; $b = 15$ мм)

Выводы: В результате проведенных экспериментальных исследований доказана реальная возможность повышения эффективности процесса очистки запылённого воздушного потока от дисперсной фазы за счет применения разра-

ботанного циклона. Получены диапазоны варьирования конструктивно-кинематических параметров циклона: частоты вращения вала 500 - 1000 об/мин; ширина открытия жалюзи $b = 15 - 20$ мм; угол наклона лопастей $\alpha = 10^\circ - 20^\circ$; расстояние между дисками доочистителя $h = 0,75 - 1,25$ мм. Установленные диапазоны варьирования циклона позволили получить коэффициент очистки $\eta = 75 - 95\%$.

Литература

- ГОСТ 12.1.005-88. Система стандартов безопасности труда. Система стандартов безопасности труда; 1989. – 50с.
- ГОСТ 25199-82. Оборудование пылеулавливающее. 1982. – 15с.
- Пат. на кор. мод. України 103446, ЦИКЛОН; В04С 3/00 / Тищенко Л.М., Харченко С.О., Борщ Ю.П., Гаек Е.А.. Заявл. 11.12.2012; Опубл. 10.10.2013, Бюл. №19. – 3 с.
- Асламова В.С. Интенсификация процесса сепарации в прямоточном циклоне и вентиляторе-пылеуловителе: Автореф. дис. ... канд. техн. наук: спец. 05.17.08 / Московский ин-т хим. машиностроения. – М., 1987. – 16 с.
- Харченко С.А. Обоснование параметров процесса очистки воздушного потока пылеосадочной камерой виброцентробежных зерновых сепараторов: дис. канд. техн. наук: 05.05.11 / С.А. Харченко. – Харьков: ХНТУСХ им. П. Василенко, 2007. – 230 с.
- Харченко С.О. Способ повышения эффективности процесса очистки воздушного потока и разработка циклона аспирационных систем зерноочистительных машин / С.О. Харченко, Е.А. Гаек // Вісник ХНТУСГ: Механізація сільськогосподарського виробництва. – Харків: ХНТУСГ, 2013. – Вип.135. – С.87 - 92.
- Гаек Е.А. Сравнительный анализ результатов экспериментальных и теоретических исследований в разработанном циклоне аспирационных систем зерноочистительных машин / Е.А. Гаек // Вісник ХНТУСГ: Технічний сервіс машин для рослинництва. – Харків: ХНТУСГ, 2015. – Вип.159. – С.203 - 208.

Анотація

Спосіб підвищення ефективності процесу очищення запыленого повітряного потоку циклоном аспіраційних систем зернових сепараторів

Є.А. Гаек, І.С. Бекетова

У роботі наведені результати експериментальних досліджень розробленого циклону. Для цього були досліджені наступні фактори: швидкість повітряного потоку, відстань між дисками, кут нахилу лопаток завихрювача, ширина відкриття жалюзі, частота обертання ротора електродвигуна і розмір частинок дисперсної фази. В результаті яких були отримані діапазони варіювання.

З проведеного огляду конструкцій і способів підвищення ефективності очищення повітряного потоку існуючих апаратів впливає, що найбільш перспективним напрямком підвищення ефективності роботи аспіраційних систем є комбінування пристроїв різного принципу дії. Авторами запропонована конструкція прямооточного циклону з активним ротором, на якому встановлений лопатевий завихорювач. Він призначений для додавання дисперсним часткам пилу траєкторії відводить їх через жалюзі з робочої зони апарату. Залишившиїся дисперсні частки в запиленому повітряному потоці за допомогою дискового доочисника також відводяться через жалюзі. Очищений повітряний потік між дисками і відвідним отвором всередині дисків проходить до вихідного патрубка.

Реалізація перспективного способу комбінуванням пристроїв різного принципу дії полягало у створенні циклону з багатодисковим доочисником. Конструкція передбачає вплив сил інерції і гравітації на дисперсну фазу.

Розроблений циклон призначений для очищення запиленого повітряного потоку від часток домішок і пилу. Встановлюється другою ступінню доочищення на жалюзійно інерційний віддільник.

Таким чином, розроблений циклон має два ступені очищення. У першій, за рахунок дії лопатевого завихорювача відокремлюються важкі і великі частинки домішок, а в другій, за рахунок дії багаторушних дисків повітряний потік доочищується від дрібнодисперсної фази.

Ефективність очищення запиленого повітряного потоку залежить від розміру частинок дисперсної фази. Для експериментальних досліджень використовувалася крупно-і дрібно-дисперсна фаза.

В ході досліджень були отримані залежності коефіцієнта очищення розробленого циклону від досліджуваних факторів. В результаті яких розроблений циклон показав високий коефіцієнт очищення $\eta = 75 - 95\%$.

Ключові слова: експеримент, циклон, очищення, домішки, швидкість, повітряний потік, аспірація, ротор, завихорювач, жалюзі.

Abstract

A method of increasing the efficiency of the process dust-laden airflow, the cyclone dust collection systems grain separators

E. Gaek, I. Beketova

In work results experimental investigations developed by the cyclone. For that, the following factors were investigated: the airflow rate, the distance between the discs, inclination angle of the swirled vanes, the width of the opening shutters, the rotor of the motor speed and the size of the dispersed phase particles. As a result, which the ranges of variation were obtained.

From the review designs and ways to increase the efficiency of cleaning the air flow of existing devices that the most promising ways of increasing the effectiveness of the suction system is a to combine devices various operating principle. The authors proposed a continuous-flow cyclone design with an active rotor on which the lobate swirl. It is designed to impart dust particulate matter trajectory outlet them through the shutters from the machine working area. The remaining dispersed particles in the dust-laden air flow using disk secondary cleaner and discharged through the shutters. The purified air stream between the disks and drain hole inside the disc passes to the outlet nozzle.

Implementation perspective method of combining various devices operating principle was to create a multi-disc secondary cleaner cyclone. The design includes exposure the forces of inertia and gravity on the dispersed particles. Designed cyclone for cleaning dust-laden air flow from the dust particles and impurities. Set on the second stage of tertiary treatment louvered inertial separator.

Thus, the developed cyclone has two degrees of purification. The first, by the action of the swirl vane separated heavy and large particles of impurities, and the second, by the action of multilevel disc air flow is finish cleaned of finely dispersed phase.

The cleaning efficiency of dust-laden air flow depends on the size of the dispersed phase particles. For experimental investigations used large and highly dispersed phase.

In research were obtained depending the developed cyclone purification factor of the studied factors. As a result, the cyclone which developed showed a high purification factor of $\eta = 75 - 95\%$.

Keywords: experiment, cyclone, cleaning, impurity, speed, air flow, aspiration, rotor, swirl, blinds.

Представлено: В.П. Ольшанський / Presented by: V.P. Olshansky

Рецензент: М.М. Кірієнко / Reviewer: M.M. Kirijenko

Подано до редакції / Received: 14.04.2015