

СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ РЕЗУЛЬТАТОВ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ И ТЕОРЕТИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЙ В РАЗРАБОТАННОМ ЦИКЛОНЕ АСПИРАЦИОННЫХ СИСТЕМ ЗЕРНООЧИСТИТЕЛЬНЫХ МАШИН

Гаек Е.А., асп.

(Харьковский национальный технический университет сельского хозяйства имени П. Василенко)

Экспериментальные исследования процесса очистки запыленного воздушного потока от дисперсной фазы проведены согласно типовым методикам и предусматривали установление оптимальных конструктивно-кинематических параметров, определены основные технические характеристики разработанной конструкции циклона. Задачей работы является сравнение экспериментальных данных с теоретическими.

Постановка проблемы.

Производительность зерноочистительных машин связана с необходимостью улучшения процесса очистки воздушного потока от дисперсной фазы. Отделение которой от воздушного потока происходит за счет центробежных и гравитационных сил. Проблему представляют дисперсные частицы, которые движутся в потоке. Отделение которых, вследствие их небольшой массы, весьма затруднительна. Авторами предложена конструкция прямоточного циклона с многодисковым доочистителем [1, 2].

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

Целью работы является сравнение расчётных и экспериментальных исследований разработанного циклона.

Основной материал. Для экспериментальных исследований использовалась дисперсная фаза состоящая из 50% крупно дисперсных частиц 150÷200мкм и 50% мелко дисперсных 40÷50мкм.

На очистку запылённого воздушного потока от дисперсной фазы влияют факторы: число оборотов активного ротора и скорость воздушного потока. В ходе исследований были получены зависимости коэффициента очистки разработанного циклона от размера частиц дисперсной фазы (рис. 1, 2) с учётом варьирования скорости запылённого воздушного потока в рабочей зоне циклона $V = 6 — 10$ м/с.

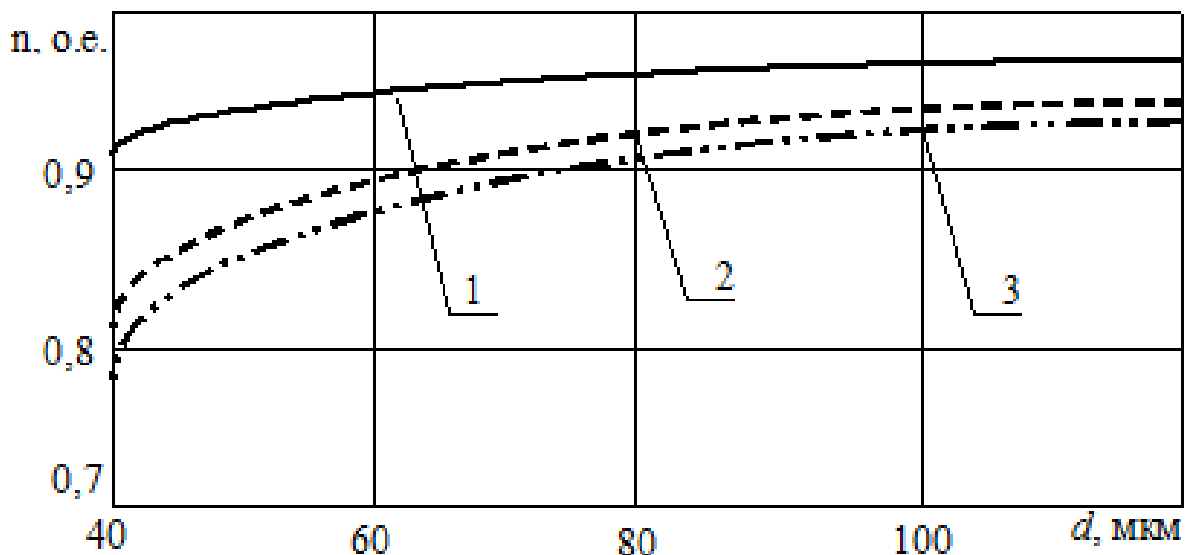


Рисунок 1 - Зависимости коэффициента очистки воздушного потока от размера уловленных частиц дисперсной фазы, при: 1 - $\omega=1000$ об/мин, 2 - $\omega=500$ об/мин, 3 - $\omega=250$ об/мин ($V=6$ м/с; $N=6$ шт; $h=1$ мм; $\alpha=20$; $b=15$ мм)

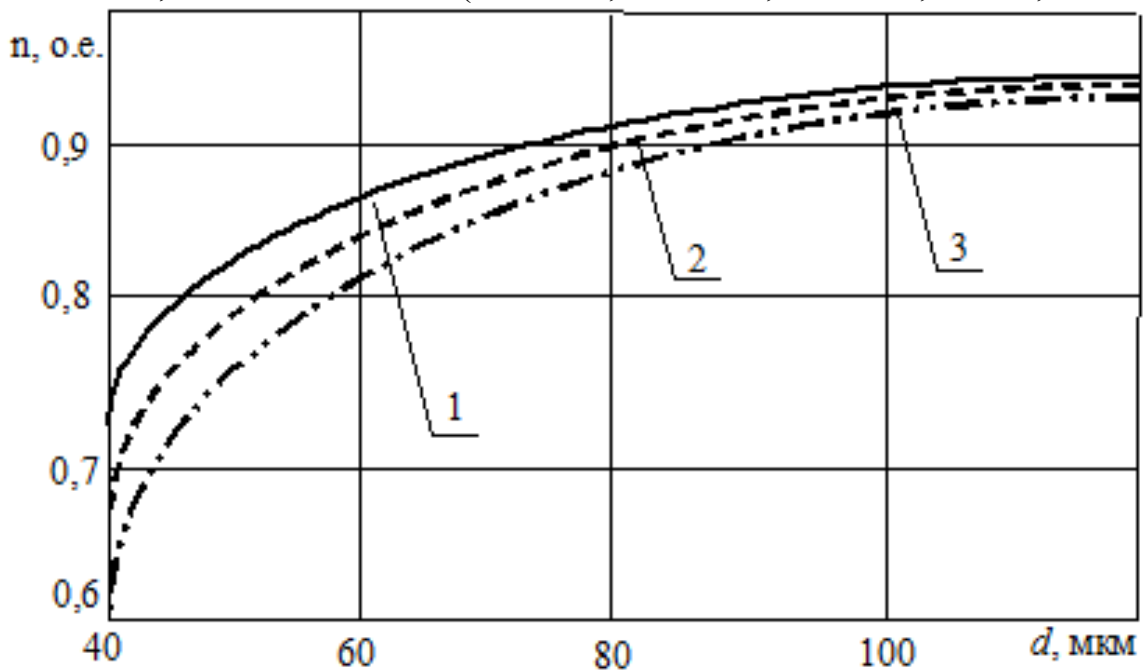


Рисунок 2 - Зависимости коэффициента очистки воздушного потока от размера уловленных частиц дисперсной фазы, при: 1 - $\omega=1000$ об/мин, 2 - $\omega=500$ об/мин, 3 - $\omega=250$ об/мин ($V=10$ м/с; $N=6$ шт; $h=1$ мм; $\alpha=20$; $b=15$ мм).

Анализом зависимостей (рис. 1, 2) установлено, что разработанный циклон имеет высокий коэффициент очистки запылённого воздушного потока ($\eta=75...95\%$) от дисперсных частиц различного диаметра, характерных для зерноперерабатывающей промышленности.

Гидравлическое сопротивление разработанного циклона является одним из основных факторов влияющих на энергоёмкость и экономичность работы аспирационной системы. Так как циклон планируется использовать как 2-ую

ступень очистки после жалюзийного пылеуловителя (рис. 3). Значительное гидравлическое сопротивление не позволит эффективно использовать жалюзийный пылеуловитель так как дисперсные частицы будут выноситься с воздушным потоком.

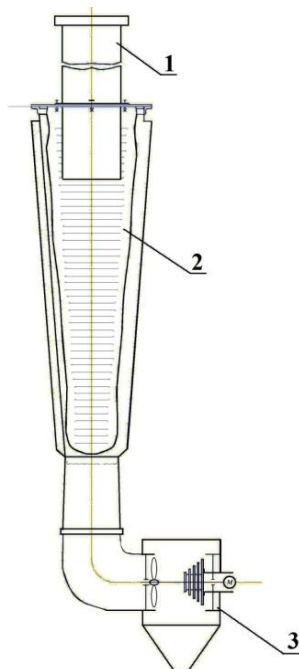


Рисунок 3 - Общий вид аспирационной системы передвижных зерновых сепараторов с разработанным циклоном: 1 – входной патрубком; 2 – жалюзийный пылеуловитель; 3 – разработанный прямоточный циклон

Разработанный циклон отличается малым гидравлическим сопротивлением. Так как имеет активный вентилятор — завихритель и относительно небольшую длину камеры предварительной очистки, то его гидравлическое сопротивление практически полностью определяется гидравлическим сопротивлением каналов доочистителя. Потери давления в каналах можно определить по формуле Вейсбаха [4]:

$$\Delta P = \xi \frac{u^2}{2} \rho, \quad (1)$$

где ρ — плотность потока, u - его скорость, а ξ – коэффициент сопротивления, который при ламинарном характере течения, который реализуется в каналах, можно оценить по формуле

$$\xi = \frac{64 R}{Re h}, \quad (2)$$

где Re — число Рейнольдса, R - радиус дисков доочистителя, h - толщина канала.

Из (1) и (2) получим

$$\Delta P = 32\eta \frac{R}{h^2} u, \quad (3)$$

где η – вязкость потока.

Скорость потока в каналах между дисками доочистителя существенно меняется по радиусу

$$u(r) = U_0 \frac{R^2}{2hnr}, \quad (4)$$

где U_0 - скорость потока на входе в воздухоочиститель, n - число параллельно включенных каналов доочистителя. Поэтому, подставив в (3) среднюю скорость потока, получим

$$\Delta P = 16\eta \frac{R^2}{h^3 n} U_0 \ln \frac{R}{r}, \quad (5)$$

где r - внутренний радиус.

Так как в доочистителе несколько параллельно включенных каналов, то суммарное гидравлическое сопротивление воздухоочистителя будет

$$\Delta P = 16\eta \frac{R^2}{n^2 h^3} U_0 \ln \frac{R}{r}. \quad (6)$$

Заметим, что в формуле (6) не учтены локальные гидравлические сопротивления, поэтому реальное сопротивление воздухоочистителя может быть незначительно больше $\Delta p = 130-170$ Па, чем рассчитанное по формуле (6).

В многодисковом доочистителе с целью уменьшения гидравлического сопротивления в дисках предусмотрено центральное отверстие. Поэтому только часть потока проходит через каналы доочистителя - в первом приближении можно считать, что через центральное отверстие доочистителя проходит часть потока, которая пропорциональна площади отверстия.

На (рис. 4) показаны результаты сопоставления расчетных и экспериментальных данных. Видно хорошее соответствие результатов – средняя погрешность расчета 20% в диапазоне скоростей потока (6÷14) м/с.

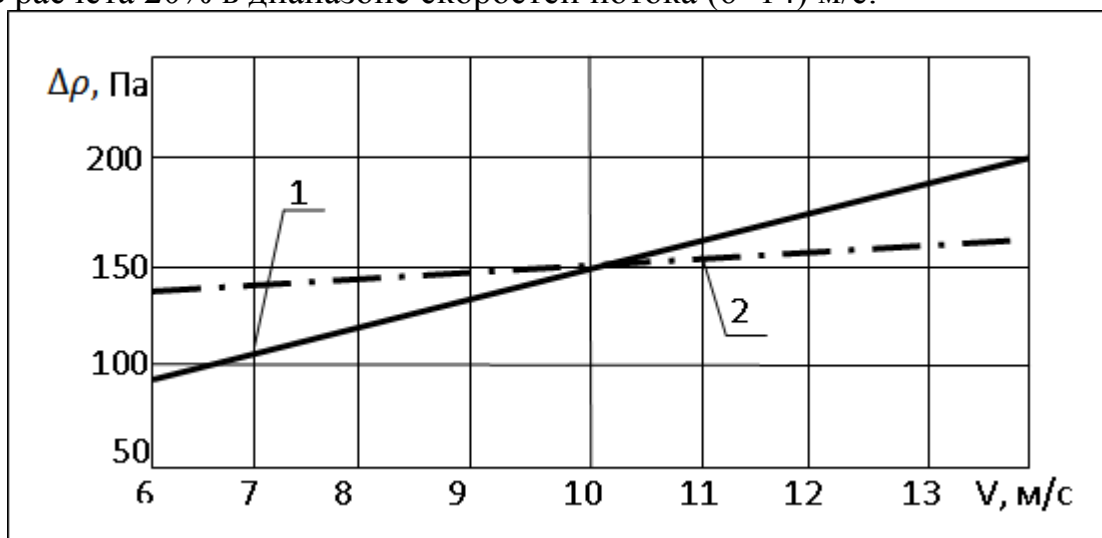


Рисунок 4 - Зависимости изменения гидравлического сопротивления от скорости воздушного потока в рабочей зоне циклона: 1 – экспериментальные; 2 – теоретические ($N = 6$ шт; $h = 1$ мм; $\alpha = 20$; $b = 15$ мм).

Исходя из полученных зависимостей (рис. 1, 2, 4) получена эффективность отделения частиц разного диаметра в зависимости от оборотов завихрителя и скорости потока. В (таб. 1) приведены сравнительные данные расчетных и экспериментальных исследований.

Таблица 1 - Сравнительный анализ результатов экспериментальных и теоретических исследований разработанного циклона

d мкм	30-50	100-150	всего, %	эксперимент, %	расчет, %	обороты завихрителя, 1/мин	Скорость потока, м/с	Погрешность, %
До очистки	50	50	100					
После очистки	13,1	2,6	15,7	85,3	85	1000	10	0,4%
	18,2	3,0	21,2	78,8	78,2	500	10	0,8%
	4,8	2,0	6,8	93,2	92	1000	6	1,3%
	9,5	2,8	12,3	87,7	87,2	500	6	0,6%

Выводы. Для отбора заданной экспериментальными исследованиями дисперсной фазы 30÷150 мкм (табл. 1) установлено, что разработанный циклон имеет высокий коэффициент очистки воздушного потока от дисперсных частиц $\eta=85-92\%$. При этом разработанный циклон имеет сравнительно низкое гидравлическое сопротивление $\Delta p = 90-200$ Па, которое позволит использовать аппарат 2-ой ступенью доочистки. Сравнительный анализ теоретических и экспериментальных исследований показал достоверность и адекватность полученных математических выражений при максимальной погрешности 1,3%, что не превышает допустимое значение 5%.

Список использованных источников:

1. Харченко С.О., Гаек Е.А. Способ повышения эффективности процесса очистки воздушного потока и разработка циклона аспирационных систем зерноочистительных машин/ Харченко С.О., Гаек Е.А. // Вісник ХНТУСГ: Механізація сільськогосподарського виробництва. – Харків: ХНТУСГ, 2013. – Вип.135. - С.87-92.

2. Пат. на кор. мод. України 103446, ЦИКЛОН; В04С 3/00 /Тищенко Л.М., Харченко С.О., Борщ Ю.П., Гаек Є.А.. Заявл. 11.12.2012; Опубл. 10.10.2013, Бюл. №19. – 3с.

3. ГОСТ 12.1.005 – 88. Система стандартов безопасности труда. Система стандартов безопасности труда; 1989. - 50с.

4. Башта Т.М., Руднев С.С., Некрасов Б.Б. Гидравлика, гидромашины и гидроприводы. Учебник для машиностроительных вузов др. — 2-е изд., перераб. — М.: Машиностроение, 1982. — 192 с.

Анотація

Порівняльний аналіз результатів експериментальних та теоретичних досліджень в розробленому циклоні аспіраційних систем зерноочисних машин

Гаєк Є.А., асп.

Експериментальні дослідження процесу очищення запиленого повітряного потоку від дисперсної фази проведені згідно з типовими методиками і передбачали встановлення оптимальних конструктивно-кінематичних параметрів, визначено основні технічні характеристики розробленої конструкції циклону. Завданням роботи є порівняння експериментальних даних з теоретичними.

Abstract

Comparativ analysis of experimental and theoretical studies in the cyclone system of grain cleaners

E. Gaek

Experimental studies of cleaning dust-laden air flow from the dispersed phase carried out according to standard methods and provides for the establishment of optimal structural and kinematic parameters, the basic specifications developed by the cyclone designs. The objective of the work is to compare the experimental data with the theoretical.