

## ЭНЕРГОЕМКОСТЬ И МЕТАЛЛОЕМКОСТЬ ПРОЦЕССА ОЧИСТКИ ЗАПЫЛЁННОГО ВОЗДУШНОГО ПОТОКА МОДЕРНИЗИРОВАННЫМ СЕПАРАТОРОМ СВС-25М

Харченко С.А., д.т.н., доцент, Гаек Е.А., ассистент

*(Харьковский национальный технический университет сельского хозяйства имени Петра Василенко)*

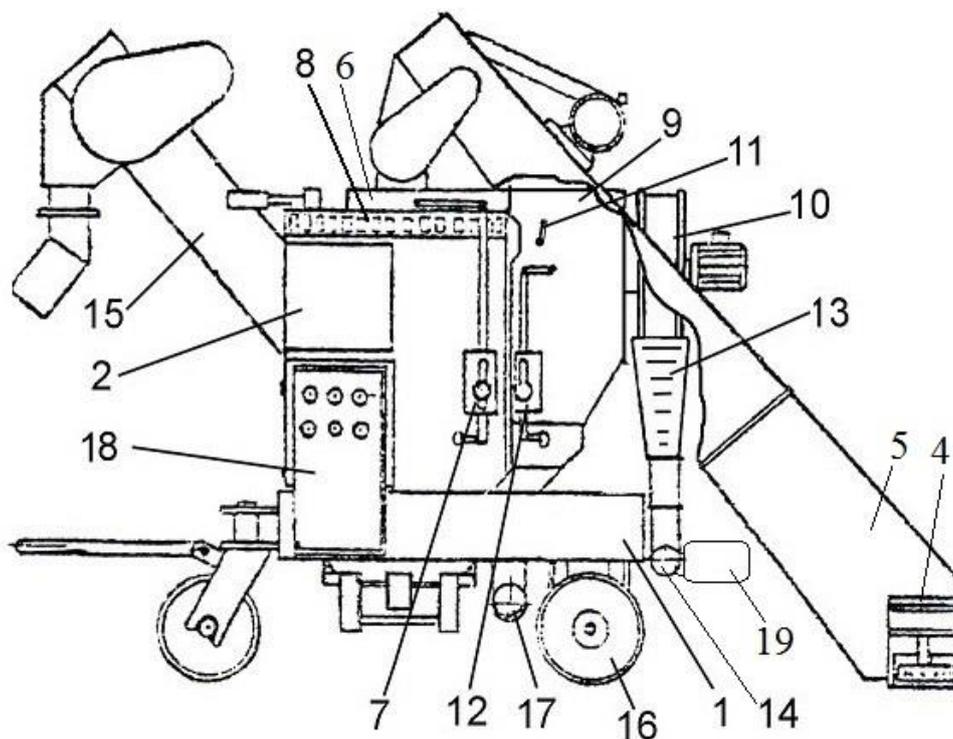
*В данной статье предложены исследования энергоёмкости и металлоёмкости процесса очистки запылённого воздушного потока модернизированным сепаратором СВС-25М производства ОАО "Вибросепаратор". Испытания модернизированного сепаратора ворохоочистителя СВС-25 с разработанным циклоном проведены в условиях опытного поля "Центральное" Харьковского национального технического университета сельского хозяйства имени Петра Василенко (Харьковской обл.).*

*После очистки ЗС легкие примеси оседают в пылеосадочной камере, а пыль поступает в аспирационную систему. Очистка запылённого воздушного потока проходит два этапа очистки: отделение крупнодисперсных частиц более 200 мкм и выше – жалюзийно-инерционным уловителем; очистка от мелкодисперсной части размером 150–1 мкм разработанным циклоном. Выделенные частицы пыли и примеси накапливаются в бункере накопителе после чего удаляются с аппарата. Установлено, что производительность сепаратора с разработанным циклоном увеличилась с 22 т/час на 20-23,2% и составляет 28,6 т/час. Эффективность очистки воздушного от легких примесей и пыли разработанным циклоном при загрузке 28,6 т/ч составляет 91...93,8 %, что на 30...32,8 % выше серийного. Применение разработанного циклона в сепараторе СВС-25 снижает удельные энерго- и металлоёмкость, на 5,17 %; на 4,77 % соответственно.*

**Ключевые слова:** *энергоёмкость, металлоёмкость, циклон, частицы пыли, воздушный поток*

**Введение.** Испытания модернизированного сепаратора ворохоочистителя СВС-25М с разработанным циклоном проведены в условиях опытного поля "Центральное" Харьковского национального технического университета сельского хозяйства имени Петра Василенко (Харьковской обл.) в период с июня по сентябрь 2018 г. Сепаратором произведена очистка озимой пшеницы урожая 2017 и 2018 гг. в количестве 223 т. Для дальнейшей проверки в условиях длительной эксплуатации сепаратором также очищены зерновые урожая 2017-2019 гг. Конструктивная схема и производственные испытания модернизированного сепаратора СВС-25М представлены на рис.1 [1].

После очистки крупных примесей в пылеосадочной камере 9 запылённый воздушный поток поступает через пылеотделитель инерционный жалюзийный 13 поступает на доочистку в разработанный ротационный циклон 19.



1- рама; 2- блок виброцентробежный; 3- скребковый питатель левый; 4- скребковый питатель правый; 5- скребковый конвейер наклонный; 6- конвейер винтовой; 7- дозатор; 8 - канал кольцевой пневмосепарирующий; 9- пылесадочная камера; 10- вентилятор; 11, 12- клапаны дополнительный и основной; 13- пылеотделитель инерционный жалюзийный; 14- пневмотранспортер; 15- транспортер чистого зерна; 16- транспортер отходов; 17- колесный ход; 18- пульт управления; 19 –циклон разработанный

Рис.1. Конструктивная схема модернизированного сепаратора СВС-25

После очистки ЗС легкие примеси оседают в пылесадочной камере, а пыль с воздушным потоком поступает в аспирационную систему. Очистка запылённого воздушного потока делится на два этапа: отделение крупнодисперсных частиц более 200 мкм и выше – жалюзийно-инерционным уловителем и очистка от мелкодисперсных частиц 150–1 мкм разработанным циклоном. Выделенные фракции накапливаются в бункере накопителе после чего удаляются с аппарата.

Кинематические параметры сепаратора не варьировали, приняты паспортными из технической характеристики: мощность установленных электродвигателей – 9,37 кВт·час; удельный расход электроэнергии – 0,38 кВт·час/т [2].

Конструктивные параметры разработанного циклона приняты с учётом проведенных теоретических и экспериментальных исследований: частота вращения ротора  $\omega = 130 - 170$  рад/с, угол наклона лопастей завихрителя  $\alpha = 18 - 22^\circ$ , количество дисков доочистителя  $N = 5 - 7$  шт., ширина открытия жалюзи  $b = 12 - 17$  мм и расстоянием между дисками доочистителя  $h = 1,3 - 1,7$  мм. [3]. При этом эффективность очистки воздушного потока от дисперсных частиц 150–1 мкм составила 91...93,8 %. Однако наряду с эффективностью основной характеристикой подобных систем есть удельные затраты энергии и

металла на единицу обработанной продукции. Это требует проведения дополнительных исследований.

#### **Анализ последних достижений и публикаций.**

Известны воздушные системы зерноочистительных машин (ЗОМ), включающие вентилятор и две аспирации, каждая из которых имеет пневмосепарирующий канал с питающим устройством и осадочную камеру [4]. При этом каналы обрабатывают зерновую смесь всасывающим потоком дважды: до поступления ее на решетный стан и после схода с него.

Недостатком данных машин является высокая энергоемкость процесса пневмосепарации, так как очистка воздуха, выходящего из пневмосистем, от мелкодисперсных частиц пыли производится в воздушных системах (ЦВС) или циклонах, имеющих значительное аэродинамическое сопротивление. Кроме того, отмеченные выше ЗОМ могут работать только в стационарных условиях.

Недостатком известных устройств является также значительная энергоемкость процесса пневмосепарации, так как очистка запыленного воздуха производится в пылеотделителе (фильтре), имеющем высокое аэродинамическое сопротивление. Кроме того, часть частиц пыли через фильтрующую поверхность может поступать наружу, что ухудшает санитарно-гигиенические условия обслуживающего персонала. Другим недостатком устройств является невозможность регулирования скорости воздуха в аспирационных системах независимо друг от друга, что приводит к снижению качества продуктов разделения. Наряду с этим устройство имеет сложную разветвленную аспирационную сеть, что увеличивает габаритные размеры и металлоемкость, усложняет конструкцию и эксплуатацию машины [5].

#### **Цель и постановка задач исследования.**

Целью исследования является снижение затрат энергоёмкости и металлоёмкости процесса очистки зерноочистительных машин путём внедрения разработанного циклона.

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

Испытания модернизированного сепаратора-ворохоочистителя проводили в соответствии с: ОСТ 70.10.2. - 83 "Испытания сельскохозяйственной техники. Зерноочистительные машины и агрегаты, зерноочистительно-сушильные комплексы. Программа и методы испытаний"; РТМ 8.53.00-64-84 "Сепараторы зерноочистительные. Программа и методика испытаний"; СОУ 74.3-37-147:2004 "Випробування сільськогосподарської техніки. Зерноочисні машини та агрегати. Зерноочисно-сушильні комплекси" [6].

Состав ЗС и удаляемых легких примесей определен согласно ДСТУ 4138–2002 и ГОСТ 28419–97 (табл. 1). Для испытаний сепаратор-ворохоочиститель был загружен с бесперебойной подачей смеси (рис. 3, а), и далее производили её очистку. Время работы сепаратора на каждом режиме составляло 10 минут, что гарантировало достоверность результатов. Из очищенной ЗС (рис. 3, б) отбирали пробу, в которой определяли количество легких примесей и полученную чистоту. Для определения дисперсного состава использовали решётный классификатор с набором решет (рис. 2). С учётом особенностей зерновой пыли использовали решета с размерами 25мкм, 50мкм и 75мкм.

Табл. 1 Фракционный состав дисперсных частиц

d, мкм	<1	1-5	5-10	>10	всего, %
Перед началом исследований	8,3	16,6	24,8	50,3	100
После предварительной очистки	8,3	16,1	22,0	21,5	67,9



Рис. 2. Определение дисперсного состава лёгких примесей и пыли с помощью набора лабораторных решет с размером 25мкм, 50мкм и 75мкм

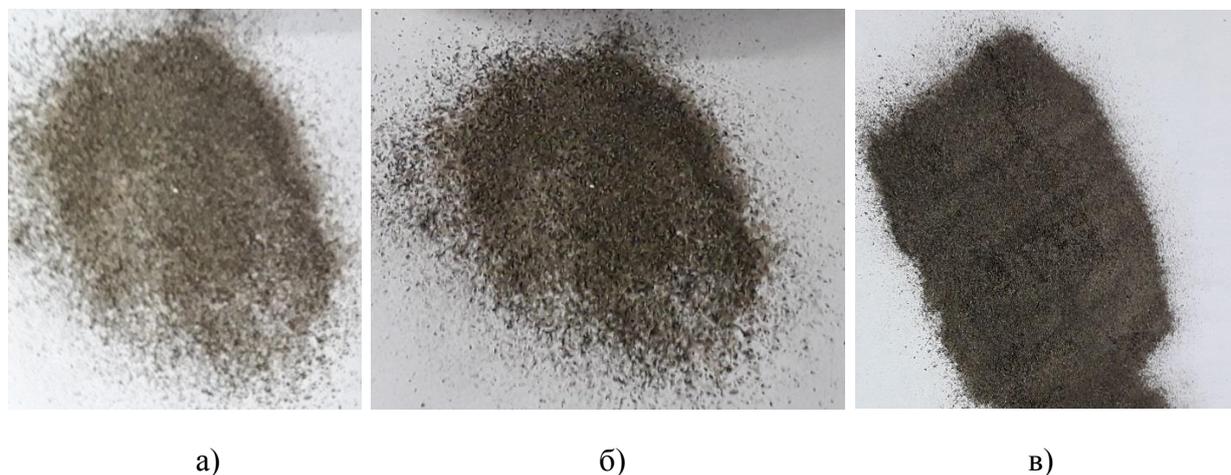


Рис. 3. Изображения частиц пыли естественного состава после их разделения на лабораторных решетках: а) 25 мкм; б) 50 мкм; в) 75 мкм

За время работы в 2018 г. модернизированным сепаратором очищено около 223 тонн имеющегося зернового материала.

Установлено, что производительность сепаратора с разработанным циклоном увеличилась на 20-23,2% и составила 28,6 т/час. Ежегодный экономический эффект от применения сепаратора-ворохоочистителя с

разработанным циклоном на исследовательском поле "Центральное" составил около 44 239 тыс. грн.

Определение физико-механических характеристик смеси проводили согласно ДСТУ 4138-2002 "Насіння сільськогосподарських культур. Методи визначення якості [7].

По результатам производственных испытаний установлено эффективность очистки воздушного от легких примесей и пыли разработанным циклоном при загрузке 28,6 т/ч составляет 91...93,8 %, что на 20-23,2% выше серийного;

Так, как энергопотребление является одной из важных характеристик при выборе сепаратора, то проведены исследования по замеру потребляемой сепаратором мощности.

Потребляемую сепаратором мощность целесообразно разделить на следующие составляющие части:

а) затраты мощности, расходуемые при отсутствии в сепараторе зернового материала (холостой ход);

б) затраты мощности, расходуемые на рабочий режим серийной конструкции;

в) затраты мощности, расходуемые на рабочий режим с разработанным циклоном.

Определение затрат мощности позволяет определить расход энергии на работу разработанного циклона.

Для измерения потребляемой мощности использовали приборы, изображенные на рис. 4.

Токосяемные клещи (рис. 4) – аналоговый прибор. Цифровые приборы имеют меньшую цену деления и удобнее в использовании. По аналоговому прибору, который проходил сертификацию, тарировали цифровые, и в расчетах использовали их показания.

Приборами измеряли напряжение и силу тока на холостом ходу и при паспортных загрузках сепаратора. Расчет производили по формуле [8, 9]:

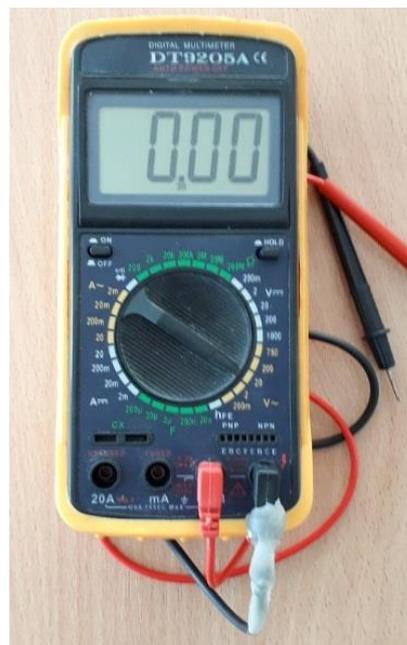
$$P = 3 \cdot I_{\phi} \cdot U_{\phi} \cdot \cos \varphi, \quad (1)$$

где:  $I_{\phi}$  – фазный ток, А;  $U_{\phi}$  – фазное напряжение, В;  $\varphi$  – угол сдвига фаз между током и напряжением.

Данные измерений представлены в табл. 2.



а)



б)

Рис. 4. Электроизмерительные приборы которые использовали для измеряемой потребляемой мощности: а) клещи токосъемные Ц4505М; б) мультиметр цифровой DT9208A

Таблица 2. Показания приборов и рассчитанная потребляемая мощность

	Напряжение, В	Сила тока, А	Потребляемая мощность, кВт
Электродвигатель вентилятора на холостом ходу	221	6,3	3,59
Электродвигатель вентилятора при паспортной загрузке сепаратора (25 т/ч)	217	7,3	4,09
Сепаратор на холостом ходу	221	15	8,4
Сепаратор в целом при паспортной загрузке (25 т/ч)	217	16,7	9,37

При испытаниях для привода вентилятора использовали электродвигатель АИР 112М4У3 (50 Гц; Y;  $I_n$  11,4 А; 380 В; 1430 об/мин; 5,50 кВт; КПД 85,5%;  $\cos\phi$  0,86; S1; кл. изол. F; IP 54).

Общие показатели эффективности работы сепаратора и его удельных затрат энергии и металла (табл.3).

Как видно из табл.3, разница в потребляемой мощности сепаратора на холостом ходу и при паспортной загрузке составляет 1 кВт, а вентилятора – 0,5 кВт. При достигнутой максимальной производительности сепаратора 28 т/ч удельное потребление электроэнергии составляет 0,172 кВт·ч/т.

Представленные данные по потреблению затрат мощности и энергии на процесс очистки ЗС на базовом (СВС-25) и модернизированном (СВС-25М) сепараторах позволяют провести полную оценку эффективности использования зерновых сепараторов.

Таблица 3. Распределение затрат мощности на процесс очистки запылённого воздушного потока от частиц дисперсной фазы

Производительность сепаратора, т/час	Эффективность процесса очистки воздушного потока, %	Удельная		Потребляемая мощность, кВт	
		Металлоемкость, кг/т·час	Энергоемкость, кВт·час/т	на холостой ход	на рабочий режим
СВС-25					
25	61	4,40	0,174	3,63	4,34
СВС-25М					
28,6	93,8	4,19	0,165	3,95	4,73

Полученные результаты (табл. 4) позволяют снизить удельные энерго- и металлоемкость, соответственно: с 0,174 кВт·час/т до 0,165 кВт·час/т (на 5,17 %); с 4,4 кг/т·час до 4,19 кг/т·час, т.е. на 4,77 %, а применение разработанного циклона в конструкции СВС-25 позволит увеличить производительность зерноочистительной машины на 20-23,2%.

**Выводы.** Проведенными испытаниями подтверждена высокая эксплуатационная надежность разработанного циклона и установлено:

– производительность сепаратора с 22 т/час повысилась на 20-23,2% и составила 28,6 т/час;

– удельные энерго и металлоемкости соответственно, снижены: с 0,174 кВт·час/т до 0,165 кВт·час/т (на 5,17 %); с 4,4 кг/т·час до 4,19 кг/т·час, т.е. на 4,77 %.

### Список использованной литературы

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. – С.87-92.
2. Сепаратор-ворохоочиститель самоходный СВС-25. Паспорт. – Житомир: Облполиграфиздат, 2009. – 35 с.
3. Гаек Е.А. Оптимизация конструктивно-кинематических параметров разработанного циклона аспирационных систем зерноочистительных машин / Е.А. Гаек // Інженерія природокористування: Журнал ХНТУСГ. 2015. № 1(3). С.123-127.
4. Окнин В. С., Горбачев Н.В., Терехин А.А., Соловьев В.М. Машины для послеуборочной обработки зерна. -М.: Агропромиздат, 1987, -238 с.
5. Сычугов Н.П.; Сайтов В.Е., Патент В07В4/02, А01F12/44 Пневмосепарирующее устройство зерноочистительной машины №2189869 27.09.2002.
6. Гаек Е. А. Оптимизация конструктивно-технологических параметров разработанного циклона аспирационных систем зерноочистительных машин / Е. А. Гаек // Інженерія природокористування. — 2015. — № 1 (3). — С. 123-127.
7. Сепараторы зерноочистительные. Программа и методика испытаний: РТМ 8.53.00-64-84. – [дата введения 1985-03-01] – М.: Министерство заготовок СССР, 1984. – 45 с.
8. Насіння сільськогосподарських культур. Методи визначення якості. ДСТУ 4138–2002. – [Чинний від 2004-01-01]. – К.: Держспоживстандарт України, 2003. – 173 с.
9. Евсюков А.А. Электротехника: – М.: Просвещение, 1979. – 249 с.

## Аннотація

### ЕНЕРГОЄМНІСТЬ І МЕТАЛОЄМНІСТЬ ПРОЦЕСУ ОЧИЩЕННЯ ЗАПИЛЕНОСТІ ПОВІТРЯНОГО ПОТОКА МОДЕРНІЗОВАНИМ СЕПАРАТОРОМ СВС-25М

Харченко С.О., Гаєк Є.А.

У даній статті запропоновано дослідження енергоємності і металоємності процесу очищення запиленого повітряного потоку модернізованим сепаратором СВС-25М виробництва ВАТ "Вибросепаратор". Випробування модернізованого сепаратора ворохоочисника СВС-25 з розробленим циклоном проведені в умовах дослідного поля "Центральне" Харківського обласного управління сільськогосподарського господарства (Харківська обл.). Після очищення ЗС легкі частини осідають в пилеосадковій камері, а пил поступає в аспіраційну систему. Очистка запиленого повітряного потоку виходить на два етапи очищення: відділення крупноспецифічних частинок більш 200 мкм і вище - жалюзійно-інерційним улавлувачем; очищення від мілкодисперсних часток розміром 150–1 мкм розробленим циклоном. Виділені частки пилу осідають в бункері накопичувача після чого видаляються. Встановлено, що продуктивність сепаратора з розробленим циклоном збільшується з 22 т / год на 20-23,2% і становить 28,6 т / год. Ефективність очищення повітря від легких зразків розробленим циклоном при завантаженні 28,6 т / ч становить 91... 93,8%, що на 30... 32,8% вище серійного. Використання розробленого циклону в сепараторі СВС-25 знижує питомі енерго- і металоємність на 5,17%; на 4,77% відповідно.

**Ключові слова:** енергоємність, металоємність, циклон, частинки пилу, повітряний потік.

## Abstract

### ENERGY CAPACITY AND METALLIC CAPACITY OF THE PROCESS OF CLEANING THE FORMED AIR FLOW WITH THE MODERNIZED SEPARATORS SVS-25M

S. Kharchenko, E. Gaek

*In this paper, studies of energy intensity and metal capacity of a dust-cooled air purification process with a modernized SVS-25M separator produced by OJSC Vibrosperator are proposed. Tests of the modernized separator SVS-25 with a developed cyclone were conducted under the conditions of the experimental field "Central" of the Kharkov National Technical University of Agriculture named after Petr Vasilenko (Kharkiv region.). After cleaning the AP light impurities are deposited in the dusting chamber, and the dust enters the aspiration system. Cleaning of dusty air flow passes two stages of purification: the separation of coarse particles over 200 microns and above is a louver-inertial trap; cleaning from a fine particle size of 150-1 μm by a developed cyclone. Dedicated particles of dust and impurities accumulate in the hopper of the drive and after that they are removed from the apparatus. It has been established that the productivity of the separator with the developed cyclone increased from 22 t / h to 20-23.2% and is 28.6 t / h. The efficiency of air purification from light impurities and dust by a developed cyclone at loading of 28.6 t / h is 91 ... 93.8%, which is 30 ... 32.8% higher than the serial. The application of the developed cyton in the separator SVS-25 reduces the specific energy and metal capacities by 5.17%; by 4.77% respectively.*

**Key words:** energy intensity, metal capacity, cyclone, dust particles, air flow.