

Харченко С.О.,
Артёмов М.П.,
Гаек Є.А.,
Бажинова Т.О.,
Ліньов А.О.
*Харківський національний технічний
університет сільського господарства
імені Петра Василенка*
Ковалишин С.Й.
*Львівський національний аграрний
університет*
E-mail: gaekevgen@gmail.com

ІДЕНТИФІКАЦІЯ ЕНЕРГОВИТРАТ ЗЕРНОВИХ ПНЕВМОСЕПАРАТОРІВ

УДК 631.362:53

Харченко С.О., Артёмов М.П., Гаек Є.А., Бажинова Т.О., Ліньов А.О. Ковалишин С.Й.
«Ідентифікація енерговитрат зернових пневмосепараторів»

Для визначення ефективності зерно- та насінноочисної машини попри технологічні показники якості та продуктивності роботи, важливою умовою є врахування витрат енергії та металу. Розглянута методика надає можливість визначати витрати енергії та металу пневмосепараторів та пневмосепарувальних каналів зерноочисних машин. Традиційними для подібних розрахунків приймаються показники метало- та енергоємності процесів, які характеризують витрати металу та енергії, необхідні для отримання одиниці корисного ефекту від використання виробу за призначенням. Матеріаломісткість виробу є складовою показника більш високого рівня - ресурсоємності виробу, значення якої показує частку поточних витрат усіх видів ресурсів у вартості продукту праці. Номенклатура показників виробу забезпечує всебічну оцінку його матеріаломісткості за рахунок конкретизації видів використовуваних матеріалів.

У процесі прийняття рішень щодо економії матеріалів на різних стадіях життєвого циклу виробу доцільно розрізняти виробничу матеріаломісткість виробу, обумовлену витратою матеріалу на його виготовлення і експлуатаційну матеріаломісткість виробу, обумовлену витратою матеріалу на його технічне обслуговування та ремонт.

Прийняті алгоритми ідентифікації нових параметрів метало- і енергозабезпеченості процесів очищення та калібрування зернових сумішей дозволяють отримати значення необхідні для досліджень, проектування пневмосепараторів та пневмосепарувальних каналів зерноочисних машин, а також для їх ефективного компоновання та експлуатації.

Проведений аналіз дозволив встановити значення питомих параметрів стаціонарних пневмосепараторів продуктивністю до 5 т/год, які присутні сьогодні на ринку. Окрім визначення параметрів, робота також передбачає їх оцінку та ранжування за ними існуючих пневматичних зерноочисних машин.

Ключові слова: очищення, зернові суміші, пневмосепаратор, металоємність, енергоємність, ефективність

Харченко С.А., Артёмов М.П., Ковалишин С.Й., Гаек Е.А., Бажинова Т.О., Линьов А.А.
«Идентификация энергозатрат зерновых пневмосепараторов»

Для определения эффективности зерно и зерноочистительные машины несмотря на технологические показатели качества и производительность работы, важным условием является учет затрат энергии и металла. Рассмотрена методика позволяет определять затрат энергии и металла пневмосепараторов и пневмосепарирующих каналов зерноочистительных машин. Традиционными для подобных расчетов принимаются металло- и энергоёмности процессов. Удельные металло- и энергоёмность являются показателями, которые характеризуют затраты металла и энергии, необходимые для получения единицы полезного эффекта от использования изделия по назначению. Материалоёмность изделия является составной показателя более высокого уровня - ресурсоёмности изделия, значение которой показывает долю текущих расходов всех видов ресурсов в стоимости продукта труда. Номенклатура показателей изделия обеспечивает всестороннюю оценку его материалоёмности за счет конкретизации видов используемых материалов.

В процессе принятия решений по экономии материалов на различных стадиях жизненного цикла изделия целесообразно различать производственную материалоёмность изделия, обусловленную расходом материала на его изготовление и эксплуатационную материалоёмность изделия, обусловленную расходом материала на его техническое обслуживание и ремонт.

Принятые алгоритмы идентификации новых параметров металло- и энергообеспеченности процессов очистки и калибровки зерновых смесей позволяют получить значение необходимые для исследований, проектирования пневмосепараторов и пневмосепарирующих каналов зерноочистительных машин, а также для их эффективного компоновки и эксплуатации.

Проведенный анализ позволил установить значения удельных параметров стационарных пневмосепараторов производительностью до 5 т/ч, которые присутствуют сегодня на рынке. Кроме определения параметров, работа также предполагает их оценку и ранжирование за ними существующих пневматических зерноочистительных машин.

Ключевые слова: очистка, зерновые смеси, пневмосепаратор, металлоемкость, энергоемкость, эффективность

Kharchenko S., Artyomov M., Kovalyshin S., Haiek Ye, Bazhinova T., Linov A. "Identification of energy consumption of grain pneumoseparators»

To determine the efficiency of grain and grain cleaning machines, despite the technological indicators of quality and productivity, an important condition is to take into account the cost of energy and metal. The considered technique allows to determine the energy and metal costs of pneumatic separators and pneumatic separating channels of grain cleaning machines. Metal and energy consumption processes are considered traditional for such calculations. Specific metal and energy consumption are indicators that characterize the cost of metal and energy required to obtain a unit of useful effect from the use of the product for its intended purpose. The material consumption of the product is a component of a higher level - resource consumption of the product, the value of which shows the share of current costs of all types of resources in the cost of labor. The nomenclature of indicators of a product provides a comprehensive assessment of its material consumption by specifying the types of materials used.

In the process of making decisions on saving materials at different stages of the product life cycle, it is advisable to distinguish between the production material consumption of the product due to material consumption for its manufacture and operational material consumption due to material consumption for maintenance and repair.

The adopted algorithms of identification of new parameters of metal and energy availability of processes of purification and calibration of grain mixtures make it possible to obtain values necessary for research, design of pneumatic separators and pneumatic separating channels of grain cleaning machines, as well as for their effective layout and operation.

The analysis made it possible to determine values of specific parameters of stationary pneumoseparators with productivity up to 5 t/h, which are present in the market today. In addition to determining the parameters, the work also involves their assessment and ranking of existing pneumatic grain cleaning machines behind them.

Keywords: cleaning, grain mixtures, pneumatic separator, metal consumption, energy consumption, efficiency

Вступ

Збільшення обсягів вирощування зернових культур в Україні та забезпечення конкурентоспроможності вітчизняної зернової продукції на внутрішньому і зовнішньому ринках потребує якості, яка регламентована вимогами вітчизняних та міжнародних стандартів.

Процеси розділення зернових сумішей за аеродинамічними властивостями є визначальними параметрами продуктивності та якості роботи переважної більшості пневмосепараторів та повітряно-решетних зерноочисних машин.

На етапі післязбиральної обробки об'єктом сепарування є шойно зібраний зерновий ворох, який надходить безпосередньо з-під комбайнів. Завдання сепарування полягає в максимальному очищенні зерна від домішок та пилу, які відрізняються від зерен основної культури геометричними розмірами та аеродинамічними властивостями.

В якості основних негативних факторів використання пневмосепараторів є витрати металу та енергії на процеси очищення та калібрування зернових матеріалів. Це можна пояснити необхідністю транспортування не тільки самих компонентів зернових матеріалів при їх перерозподілі в робочій зоні, а й перенесення значного обсягу повітря, що потребує відповідних витрат енергії.

Для післязбиральної обробки зернових матеріалів застосовують пневмосепаратори. Саме їх оптимальний режим роботи визначається питомим навантаженням, якістю відповідно до стандартів, експлуатаційними витратами. При певних режимах (очищення, сортування або калібрування) на деяких культурах питомі показники продуктивності та якості розділення, витрат енергії істотно знижується. Для оцінки їх роботи зерноочисних машин використовують метало- та енергоємності процесів, які лише узагальнено оцінюють ефективність машини.

Таким чином, розробка методів повної оцінки ефективності зерноочисної техніки потребує відповідних розрахунків, є пріоритетним завданням для АПК України. Реалізація

цього завдання передбачає розробку та перевірку використання оціночних алгоритмів технологічних параметрів пневматичних зерноочисних машин. Від якості проведення оцінки ефективності цих машин буде залежати ступінь реалізації поставленого завдання, подальші напрямки їх модернізації і т.п.

Аналіз останніх досліджень

Одним з основних етапів виробництва зерна є післязбиральна обробка, яка в собівартості становить близько 40 %, а в затратах праці більше 50 % [11 – 12].

Заплановане сталє виробництво зернових культур в Україні більше 60 млн. т., потребує вчасної та якісної післязбиральної обробки зерна. Недостатня фактична наявність зерноочисних машин близько 50 %, більшість яких відпрацювала амортизаційні строки, потребує високопродуктивних зернових сепараторів з ефективними технологічними процесами.

Відповідно до державної програми «Зерно України – 2020-2021» [2] в Україні вироблено майже 65 млн тонн зернових та зернобобових культур – 30,7 млн т., пшениця – 30,7 млн т.; ячмінь – 10,1 млн т.; ріпак – 2,6 млн т.; горох – 529 тис. т.

Для підготовки необхідної кількості та якості насінневого матеріалу широко використовують стаціонарні пневмосепаратори різних марок продуктивністю від 2,5 до 5 т/год. Паспортні технічні характеристики зернових пневмосепараторів, які присутні на ринку [3 – 8], різняться один від одного та потребують відносності та аналізу. Доцільно використовувати аналіз характеристики відносно основного технологічного показнику – продуктивності [9 – 10]. Подібна методика успішно довела свою ефективність при оцінці ефективності решетних зерноочисних машин [11].

Формування мети дослідження

Метою роботи є розробка методики оцінки ефективності процесів розділення зернових сумішей пневматичними зерноочисними машинами продуктивністю до 5 т/год з урахуванням витрат енергії та металу.

Результати дослідження

Об'єктом досліджень обрані найбільш поширені типи серійних зерноочисних машин вітчизняного виробництва (табл. 1).

Проведеним аналізом характеристик серійних зерноочисних машин вітчизняного та зарубіжного виробництва представлених на ринку України [12, 17] за традиційною методикою вдалося отримати питомі параметри, за допомогою яких можна визначити ступінь їх ефективності (табл.1). При оцінці ефективності зерноочисних машин застосовували питому продуктивність, металоемність і енергоемність сепараторів [1, 14 – 16].

Для того щоб оцінити ефективність очищення пропонується використовувати крім стандартних параметрів питомої продуктивності і повноти поділу – метало- і енергозабезпеченість процесу сепарування (табл. 2).

Продуктивність сепараторів залежить від режиму роботи: попереднє очищення зерна або калібрування посівного матеріалу.

Енергоспоживання є однією з важливих характеристик при виборі і ефективній експлуатації зерноочисних машин, тому були проведені дослідження з визначення споживаної сепараторами потужності.

Параметри пневмосепараторів

Модель сепаратора	Виробник	Енерго споживання	Габарити, мм (довжина/ширина/висота)	Площа робочого вікна, м ²	Вага, кг
ІСМ-5	Харківський завод зерночисного обладнання	0,55 кВт, 220/380 В, 50 Гц	2150/460/1750	0,023	125
САД-5	ООО «НПФ «Аеромех» Луганська обл.	1,8 кВт	1520/635/1850	0,0317	211
АСМ-5	ООО ТПК "АгроМаш" м. Харків	0,55 кВт 220/380В, 50Гц	2070/600/1890	0,03	130
ЕРА-5	Запорізьська обл. м.Мелітополь	0,75 кВт	2000/500/2000	0,025	140
ALS-5	Alistan Agro	0,55 кВт	2122/757/1812	0,0378	180
ALMA-5	ПрАТ «Харківпродмаш»	0,55 кВт 380В/220В	2380/630/1800	0,0315	180

Визначення витрат енергоємності процесу очищення зернового матеріалу проводили за виразом:

$$\mu = \frac{N_e}{Q}, \quad (1)$$

де N_e – витрати енергії, кВт·год;

Q – продуктивність сепаратора, т/год.

Отримані результати занесені в таблицю 2.

Таблиця 2

Розподіл витрат енергоємності процесу очищення зернового матеріалу

Модель Сепаратора	Енерго-споживання	Попереднє очищення			Калібрування		
		Продуктивність, т/год	Енергоємність, кВт год/т	Енергозабезпеченість, кВт·год /м ²	Продуктивність, т/год	Енергоємність, кВт год/т	Енергозабезпеченість, кВт·год /м ²
ІСМ-5	0,55 кВт	5	0,11	4,78	3	0,183	7,95
САД-5	1,8 кВт	8	0,225	7,1	2,5	0,72	22,71
АСМ-5	0,55 кВт	5	0,11	3,6	2,5	0,22	7,3
ЕРА-5	0,75 кВт	5	0,15	6	3	0,25	10
ALS-5	0,55 кВт	5	0,11	2,9	2,5	0,22	5,8
ALS - 5+OSK-5	0,55 +0,37	7	0,13	3,4	≈3	0,31	8,2
ALMA-5	0,55 кВт	5	0,11	3,5	2	0,275	8,7

Аналізом даних (табл. 2) можна зробити висновок, що при попередньому очищенні коефіцієнт енергоємності сепараторів ІСМ-5, АСМ-5, ALS-5 та ALMA-5, є одними з найнижчих $\mu = 0,11$ кВт год/т. При роботі в режимі калібрування сепаратори САД-5 та ALMA-5 мають найвищі показники $\mu = 0,275...0,72$ кВт год/т.

Це пояснюється тим, що машини в даному режимі роботи має найнижчу продуктивність 2...2,5 т/год серед представлених аналогів.

Матеріаломісткість виробу є складовою показника більш високого рівня – ресурсоемності виробу, значення якої показує частку поточних витрат усіх видів ресурсів у вартості продукту праці.

Номенклатура показників виробу повинна забезпечувати всебічну оцінку його матеріаломісткості за рахунок конкретизації видів використовуваних матеріалів (метал, пластмаса і т.п.).

У процесі прийняття рішень щодо економії матеріалів на різних стадіях життєвого циклу виробу слід розрізняти виробничу матеріаломісткість виробу, обумовлену витратою матеріалу на його виготовлення і експлуатаційну матеріаломісткість виробу, обумовлену витратою матеріалу на його технічне обслуговування та ремонт.

Розрахунок витрат металоємності процесу очищення зернового матеріалу визначили за допомогою виразу:

$$\eta = \frac{m_c}{Q} = \frac{кг \cdot год}{т}, \quad (2)$$

де m_c – вага сепаратора, кг.

Отримані результати занесені в таблицю 3.

Таблиця 3

Показники металоємності процесу очищення зернового матеріалу

Модель сепаратора	Вага, кг	Попереднє очищення			Калібрування		
		Продуктивність, т/год	Металоємність, кг/т год	Метало-забезпеченість, кг/т год/м ² .	Продуктивність, т/год	Металоємність, кг/т год	Метало-забезпеченість, кг/т год/м ² .
ICM-5	125	5	25	1,08	3	41,6	1,81
САД-5	211	8	26,375	0,83	2,5	84,4	2,66
АСМ-5	130	5	26	0,86	2,5	52	1,73
ЕРА-5	140	5	28	1,12	3	46,6	1,86
ASL-5	180	5	36	0,95	2,5	72	1,9
ASL-5+OSK-5	180+80	7	37,1	0,98	≈3	86,6	2,29
ALMA-5	180	5	36	1,14	2	90	2,85

Аналізом даних (табл. 3) можна зробити висновок, що коефіцієнт металоємності сепараторів САД-5, ASL-5 та ALMA-5 є одним з найвищих в режимі очищення $\eta=26...37,1$ кг/т·год. Подібне відбувається в режимі калібрування $\eta=84...90$ кг/т год. Це пояснюється тим, що сепаратори мають значну вагу (витрати металу) $m = 180...260$ кг.

Для того щоб оцінити ефективність пневмосепарування пропонується використовувати крім стандартних параметрів питомої продуктивності (відношення продуктивності до площі вихідного вікна подачі зернової суміші) і повноти поділу – метало- і енергозабезпеченість процесу очищення (табл. 4).

Таблиця 4

Питомі витрати енергії і металу

Модель сепаратора	Питомі витрати				
	Металоємність, кг/т год	Енергоємність, кВт год/т	Метало-забезпеченість, кг/т год /м ²	Енергозабезпеченість, кВт·год /м ²	Продуктивність, т/год
1	2	3	4	5	6
ICM-5	25...41,6	0,11...0,183	1,08...1,81	4,78...7,95	5...3

Технічний сервіс агропромислового, лісового та транспортного комплексів
Technical service of agriculture, forestry and transport №23' 2021

САД-5	26,375...84, 4	0,225...0,72	0,83...2,66	7,1...22,71	8...2,5
АСМ-5	26...52	0,11...0,22	0,86...1,73	3,6...7,3	5...2,5

Продовження таблиці 4

1	2	3	4	5	6
ЕРА-5	28...46,6	0,15...0,25	1,12...1,86	6...10	5...3
АСЛ-5	36...72	0,11...0,22	0,95...1,9	2,9...5,8	5...2,5
АСЛ5+ОСК-5	37,1...86,6	0,13...0,31	0,98...2,29	3,4...8,2	7...3
АЛМА-5	36...90	0,11...0,275	1,14...2,85	3,5...8,7	5...2

Для спрощення подальшого аналізу пневмосепараторів, з точки зору витрат енергії і металу, розіб'ємо отримані показники за рівнями з низькими, середніми і високими значеннями метало- і енергозабезпеченості.

Таблиця 5

Рівні метало- і енергозабезпеченості процесу очищення

Рівні	Металозабезпеченість, кг/т год/м ² .	Енергозабезпеченість, кВт·год/м ²
Низький	до 1	до 7
Середній	1...2	7...15
Високий	більше 2	більше 15

Висновки

Застосування енерго- і металозабезпеченості для аналізу процесу пневмосепарування зернових матеріалів дозволить точніше оцінювати і характеризувати конструкції пневмосепараторів, з'ясувати перспективні і актуальні напрямки підвищення ефективності роботи. Використання методу, отриманих результатів і параметрів існуючих сепараторів дозволить спрогнозувати збільшення їх питомої продуктивності і зниження метало- і енергозабезпеченості процесу очищення зернових сумішей.

Застосування нового методу і введення параметрів енерго - і металозабезпеченості, дозволяє точніше аналізувати процес пневмосепарування зернових сумішей.

Список використаних джерел

1. Тищенко Л.Н. Интенсификация сепарирования зерна / Тищенко Л.Н. – Харьков: Основа, 2004. – 222 с.
2. Програма “Зерно України –2020 2021” <https://www.kmu.gov.ua/news/u-minekonomiki-predstavili-utochneni-balansi-popitu-ta-propoziciyi-zerna-na-20202021-mr>
3. <http://agro-vigs.com/grain-separators/tor-ism-5.html>
4. <https://aeromeh.com.ua/product/separator-sad-5/>
5. <https://agrobiz.net/aerodinamicheskij-separator-dlya-ochistki-zerna-asm-5.html>
6. <https://ua.all.biz/separator-dlya-zerna-era-5-g11720758>
7. <https://alistan-agro.com/ru/separator/als-5/>
8. <http://www.xprod mash.com.ua/vozdushnye-separatory-alma>
9. Саранча В. Анализ барабанных и роторных зерноочистительных сепараторов //Modern engineering and innovative technologies. – 2018. – №. 05-02. – С. 57-61.
10. Иванов Н. М., Чепурин Г. Е. Энергозатраты при послеуборочной обработке зерна //Достижения науки и техники АПК. – 2017. – Т. 31. – №. 4.
11. Харченко С. А. Методика определения энергозатрат процессов виброрешетного просеивания зерновых смесей / С. А. Харченко // Вісник Сумського національного

аграрного університету. Серія : Механізація та автоматизація виробничих процесів. - 2016. - Вип. 10(2). - С. 137-142.

12. Ханхасаев Г.Ф. Интенсификация обработки зернового вороха зернометательными машинами на открытых площадках зернотоков хозяйств Сибири / Г.Ф. Ханхасаев. – Улан-Удэ: Бурят. кн. Из-во, 1995. – 206 с.

13. Машины, агрегаты та комплекси для післязбиральної обробки і зберігання зернових культур: посібник / В.І. Кравчук, Л.М. Тищенко, С.О. Харченко [Коллектив авторів]; за ред. В.І. Кравчука. – Дослідницьке: УкрНДІПВТ ім.Л.Погорілого, 2011. – 224 с.

14. Ямпілов С.С. Технологическое и техническое обеспечение ресурсо-энергосберегающих процессов очистки и сортирования зерна и семян. – Улан-Удэ: Изд-во ВСГТУ, 2003. – 262 с.

15. Зерноочистка – состояние и перспективы. – М.: ФГНУ «Росинформагротех», 2006. – 204 с.

16. Бурков А.И. Машины для послеуборочной обработки семян трав / А.И. Бурков, Н.Л. Коньшев, О.П. Рощин. – Киров: ВНИИСХ Северо-Востока, 2003. – 208 с.

17. Машины и оборудование для послеуборочной обработки и хранения зерна и семян: кат. – М.: ФГНУ «Росинформагротех», 2010. – 92 с.

References

1. Tishenko L.N. Intensifikaciya separirovaniya zerna / Tishenko L.N. – KHarkov: Osnova, 2004. – 222 s.

2. Programa “Zerno Ukrayini –2020 2021” <https://www.kmu.gov.ua/news/uminekonomiki-predstavili-utochneni-balansi-popitu-ta-propoziciyi-zerna-na-20202021-mr>

3. <http://agro-vigs.com/grain-separators/tor-ism-5.html>

4. <https://aeromeh.com.ua/product/separator-sad-5/>

5. <https://agrobiz.net/aerodinamicheskij-separator-dlya-ochistki-zerna-asm-5.html>

6. <https://ua.all.biz/separator-dlya-zerna-era-5-g11720758>

7. <https://alistan-agro.com/ru/separator/als-5/>

8. <http://www.xprod mash.com.ua/vozdushnye-separatory-alma>

9. Sarancha V. Analiz barabannyh i rotornyh zernoochistitelnyh separatorov //Modern engineering and innovative technologies. – 2018. – №. 05-02. – pp. 57-61.

10. Ivanov N. M., Chepurin G. E. Energozatraty pri posleuborochnoj obrabotke zerna //Dostizheniya nauki i tehniki APK. – 2017. – Т. 31. – №. 4.

11. Harchenko S. A. Metodika opredeleniya energozatrat processov vibroreshetnogo proseivaniya zernovyh smesey / S. A. Harchenko // Visnik Sumського nacionalnogo agrarnogo universitetu. Seriya : Mehanizaciya ta avtomatizaciya virobnichih procesiv. - 2016. - V. 10(2). - S. 137-142.

12. Hanhasaev G.F. Intensifikaciya obrabotki zernovogo voroha zernometatelnyimi mashinami na otkrytyh ploshadkah zernotokov hozyajstv Sibiri / G.F. Hanhasaev. – Ulan-Ude: Buryat. kn. Iz-vo, 1995. – 206 p.

13. Mashini, agregati ta kompleksi dlya pisllyazbiralnoyi obrobki i zberigannya zernovyh kultur: posibnik / V.I. Kravchuk, L.M. Tishenko, S.O. Harchenko [Kolektiv avtoriv]; za red. V.I. Kravchuka. – Doslidnicke: UkrNDIPVT im.L.Pogorilogo, 2011. – 224 p.

14. Yampilov S.S. Tehnologicheskoe i tehniceskoe obespechenie resurso-energoberegayushih processov ochistki i sortirovaniya zerna i semyan. – Ulan-Ude: Izd-vo VSGTU, 2003. – 262 p.

15. Zernoochistka – sostoyanie i perspektivy. – М.: FGNU «Rosinformagroteh», 2006. – 204 p.

16. Burkov A.I. Mashiny dlya posleuborochnoj obrabotki semyan trav / A.I. Burkov, N.L. Konyshev, O.P. Roshin. – Киров: VNIISH Severo-Vostoka, 2003. – 208 p.

17. Mashiny i oborudovanie dlya posleuborochnoj obrabotki i hraneniya zerna i semyan: kat. – М.: FGNU «Rosinformagroteh», 2010. – 92 р.