

УДК 631.362.3

DOI: <https://doi.org/10.32515/2414-3820.2019.49.3-9>**Е.Б. Алієв**, канд. техн. наук*Інститут олійних культур НААН, м. Запоріжжя, Україна**e-mail: aliev@meta.ua*

Розробка і калібрування блока вимірювання об'ємної маси потоку насінневого матеріалу соняшнику

Одним з елементів запропонованої раціональної прецизійної технологічної лінії процесів сепарації супер елітного насінневого матеріалу соняшнику є вібропневматичний сепаратор. Для вирішення недоліків відомого обладнання, а саме низької продуктивності і якості виконання операцій сепарації, очищення та розділення неоднорідної насінневої суміші за об'ємною масою на фракції, необхідно застосовувати автоматизовану систему керування, яка заснована на використанні датчика об'ємної маси потоку насінневої суміші. Розроблено і проведено калібрування блока вимірювання об'ємної маси адаптивного вібропневматичного сепаратора. В результаті порівняння отриманих значень із традиційним методом вимірювання об'ємної маси (ДСТУ 4694:2006) за розрахованим критерієм Пірсона (χ^2) нормальність розподілу похибок вимірювань складає 2,13, більше за табличне значення $\chi^2(0,95;5) = 1,15$. Поведена перевірка гіпотези про однорідність значень за допомогою критерію Кохрена $G = 0,39 < G_{0,05}(1;20) = 0,48$.

сепарація, блок вимірювання, якість, насіння, суміш, потік, процес, оцінка

Э.Б. Алиев, канд. техн. наук*Институт масличных культур НААН, Запорожье, Украина*

Разработка и калибровки блока измерения объемной массы потока семенного материала подсолнечника

Одним из элементов предлагаемой рациональной прецизионной технологической линии процессов сепарации супер элитного семенного материала подсолнечника является вибропневматический сепаратор. Для решения недостатков известного оборудования, а именно низкой производительности и качества выполнения операций сепарации, очистки и разделения неоднородной семенной смеси по объемной массе на фракции, необходимо применять автоматизированную систему управления, которая основана на использовании датчика объемной массы потока семенной смеси. Разработаны и проведены калибровки блока измерения объемной массы адаптивного вибропневматичного сепаратора. В результате сравнения полученных значений с традиционным методом измерения объемной массы (ДСТУ 4694: 2006) по рассчитанному критерию Пирсона (χ^2) нормальность распределения погрешностей измерений составляет 2,13, что больше табличного значения $\chi^2(0,95;5) = 1,15$. Поведена проверка гипотезы об однородности значений с помощью критерия Кохрена $G = 0,39 < G_{0,05}(1, 20) = 0,48$.

сепарация, блок измерения, качество, семена, смесь, поток, процесс, оценка

Постановка проблеми. Виходячи з необхідних вимог до технологічних процесів очищення та розділення насінневої суміші (ДСТУ 2240-93) розроблена раціональна прецизійна технологічна лінія процесів сепарації насінневого матеріалу соняшнику для всіх ланок селекційно-генетичного процесу, яка включає автоматизацію технічних засобів [1-3]. Раціональна прецизійна технологічна лінія процесів сепарації супер елітного насінневого матеріалу соняшнику (рис. 1) включає етапи збирання насінневої суміші з під групових ізоляторів шляхом прямого комбайнування малим селекційним комбайном або ручного зрізання і обмолоту на мобільній молотарці. Далі

йдуть етапи розділення насінневої суміші за фізико-механічними і морфологічними властивостями з використанням селекційних сепараторів із елементами автоматизації і контролю якості сепарації. Наприкінці технологічної лінії виконується процес відбору проб і його контролю на пристрої автоматичного фенотипування насіння. Прецизійність даної лінії досягається шляхом застосування адаптивної системи керування техніко-технологічного забезпечення [3].

Однак робота адаптивної системи керування техніко-технологічним забезпеченням прецизійної сепарації насінневого матеріалу соняшнику неможлива без застосування динамічних датчиків вимірювання морфологічних і фізико-механічних властивостей насіння.

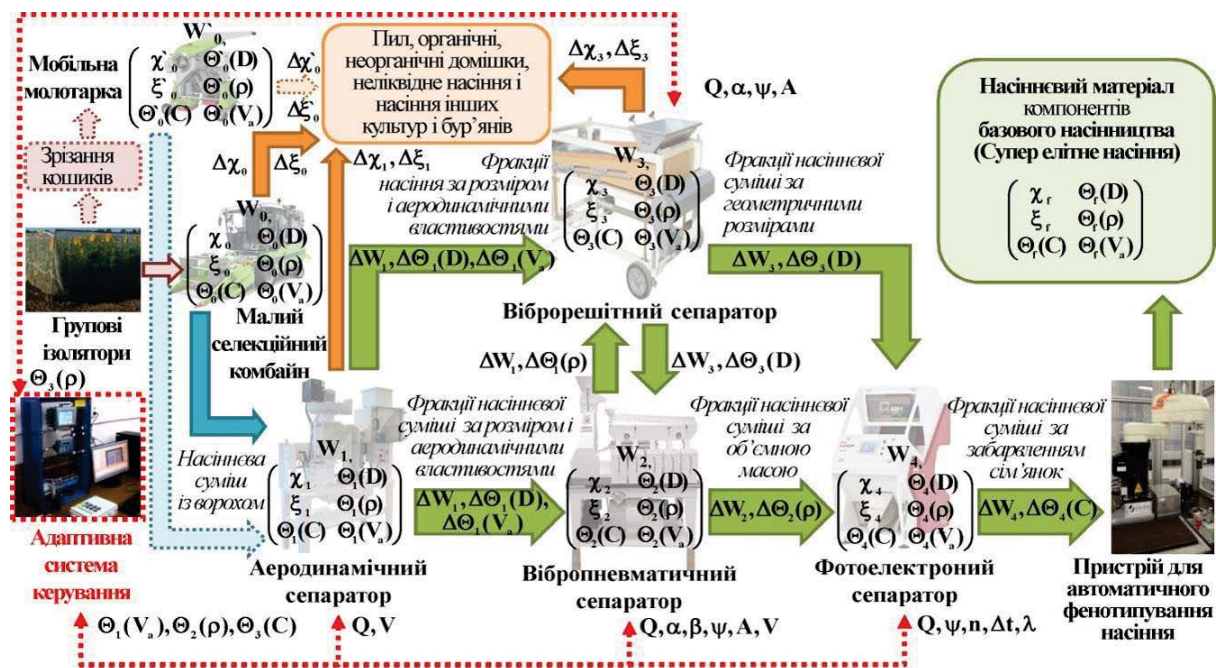


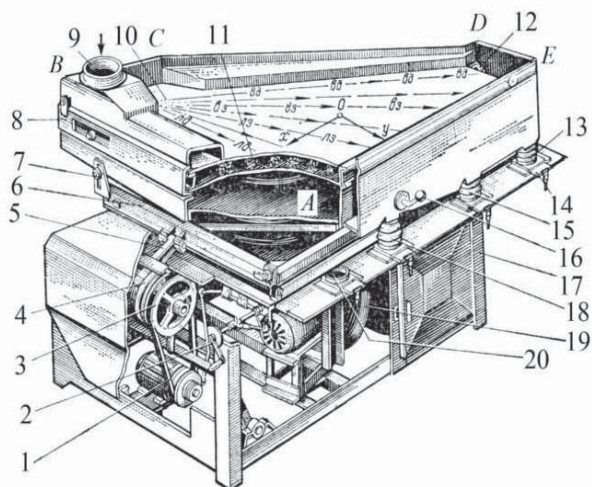
Рисунок 1 – Рациональна прецизійна технологічна лінія процесів сепарації супер елітного насінневого матеріалу соняшнику

Джерело: розроблено автором

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Одним з елементів пропонованої рациональної прецизійної технологічної лінії процесів сепарації супер елітного насінневого матеріалу соняшнику є вібропневматичний сепаратор. Існує велика кількість вібропневмосепараторів, однак їх конструкції можна узагальнити [5-11]. Найбільш поширеним є пневматичний сортувальний стіл ПС, який складається з варіатора 1, регулятора 2, механізму привода 3, протизваги 4, шатуна 5, рамки 6, кронштейна 7, деки 8, горловини 9, сітки 10, повітровирівнювальної решітки 11, клапана 12, приймальників 13, 15, 18 і 20, заслінки 14, важеля 16, рами 17, вентилятора 19 (рис. 2).

До недоліків відомого обладнання слід віднести його низьку продуктивність і якість виконання операцій сепарації, очищення та розділення неоднорідної зернової або насінневої суміші за об'ємною масою на фракції через необхідність постійного переналаштування частоти коливань деки й швидкості повітряного потоку через робочу поверхню деки, що в значній мірі впливає як на продуктивність машини, так і на якість розділення насіння на фракції. Також зазначені вібропневмосепаратори мають низьку продуктивність через велику неоднорідність зернового або насінневого матеріалу, який необхідно розділити на фракції. Це викликає потребу в необхідності постійного

налаштування кутів подовжного й поперечного нахилів деки для забезпечення рівномірного розподілу матеріалу по всій площині робочої поверхні, що призводить до зниження продуктивності машини, погіршенню якості розділення матеріалу на фракції і збільшенню трудомісткості виконання зазначеного процесу.



1 – варіатор; 2 – регулятор; 3 – механізм привода; 4 – противага; 5 – шатун; 6 – рамка; 7 – кронштейн; 8 – дека; 9 – горловина; 10 – сітка; 11 – повітровирівнювальна решітка; 12 – клапан; 13, 15, 18 і 20 – приймальник; 14 – заслінка; 16 – важіль; 17 – рама; 19 – вентилятор

Рисунок 2 – Конструктивно-технологічна схема пневматичного сортувального столу

Джерело: [5]

Для вирішення зазначених недоліків необхідно застосовувати автоматизовану систему керування, яка заснована на використанні датчика об'ємної маси потоку насінневої суміші.

Постановка завдання. Таким чином, метою є розробка і калібрування датчика об'ємної маси потоку насінневої суміші, яка увійде до складу автоматизованої системи керування вібропневматичного сепаратора.

Виклад основного матеріалу. Для реалізації автоматизованої системи керування вібропневматичного сепаратора розроблено блок вимірювання об'ємної маси, загальний вигляд якого у складі експериментального стенду представлено на рис. 3. В якості тензодатчика із підсилювачем використано Weight sensor HX711. Керування заслінкою і обробку інформації з тензодатчика здійснює апаратно-програмний засіб Arduino Uno ATmega328P-PU у комплексі із реле і актуатором. Електрична схема блоку вимірювання об'ємної маси представлена на рис. 4. Для забезпечення точності роботи блока було проведено його калібрування у відповідності із традиційним методом вимірювання об'ємної маси за допомогою пурки згідно ДСТУ 4694:2006.

В результаті статичного калібрування з використанням набору лабораторних гирь (відхилення від номіналу 0,1 г) встановлено рівняння перерахунку напруги у значення маси:

$$M = 416,6(U - U_0), \quad (1)$$

де M – маса, г;

U – вимірювана напруга, В;

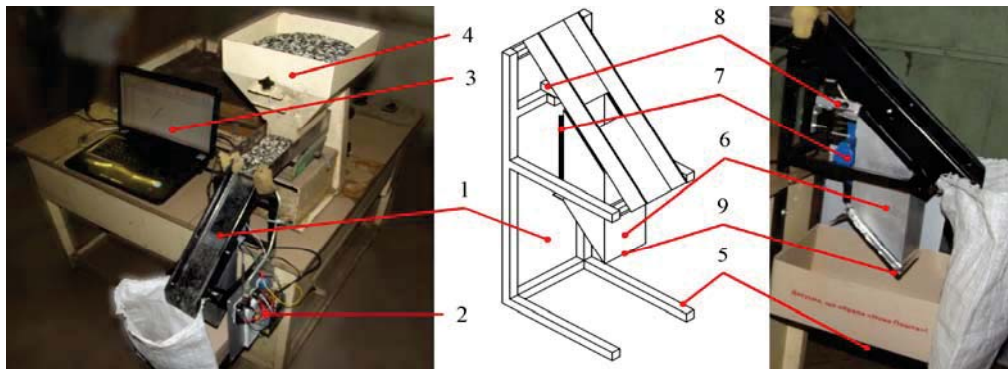
U_0 – початкова напруга, яка встановлюється без навантаження, В.

Коефіцієнт кореляції складає $R = 0,98$.

Так як об'єм ємності блоку вимірювання складає $v = 1,03968$ л, то об'ємна маса розраховується за формулою

$$\rho = M/v = 400,7(U - U_0), \quad (2)$$

де ρ – об'ємна маса, г/л.



1 – блок вимірювання об'ємної маси; 2 – загальний блок вимірювання; 3 – персональний комп'ютер; 4 – блок подачі насінневої суміші; 5 – рама; 6 – ємність; 7 – актуатор; 8 – тензодатчик; 8 – заслінка

Рисунок 3 – Раціональна прецизійна технологічна лінія процесів сепарації супер елітного насінневого матеріалу соняшнику

Джерело: розроблено автором



Рисунок 4 – Електрична схема керування блоку вимірювання об'ємної маси

Джерело: розроблено автором

Динамічне калібрування було проведено на експериментальному стенді при подачі насінневої суміші соняшнику різних сортрозрзків і різних фракцій. При цьому дослідження проводили для різних значень подач насінневої суміші соняшнику, які встановлювалися положенням заслінки і частотою коливань лотка блока подачі насінневої суміші. Графічна інтерпретація отриманих результатів представлена на рис. 5. Як видно з рисунку спочатку спостерігається зростання об'ємної маси, що є логічним для процесу заповнення ємності блока вимірювання. Далі відбувається стабілізація значення об'ємної маси, що підтверджує факт повного заповнення ємності блока вимірювання. Час стабілізації значення, середнє значення остаточної об'ємної маси і її середньоквадратичне відхилення представлено в табл. 1.

Висновки. Розроблено і проведено калібрування блока вимірювання об'ємної маси адаптивного вібропневматичного сепаратора. В результаті порівняння отриманих значень із традиційним методом вимірювання об'ємної маси (ДСТУ 4694:2006) за розрахованим критерієм Пірсона (χ^2) нормальність розподілу похибок вимірювань складає 2,13, більше за табличне значення $\chi^2(0,95;5) = 1,15$. Поведена перевірка гіпотези про однорідність значень за допомогою критерію Кохрена $G = 0,39 < G_{0,05}(1;20) = 0,48$.

Таблиця 1 – Результати динамічного калібрування блоку вимірювання об'ємної маси

Подача, кг/год	14,7	12,8	29,4	33,5	75,5	95,0
Час стабілізації значення, с	440,6	556,1	259,3	215,7	99,2	73,9
Середнє значення об'ємної маси, г/л	453	450	450	453	448	451
Відхилення об'ємної маси, г/л	0,13	0,20	0,83	0,32	0,86	1,27

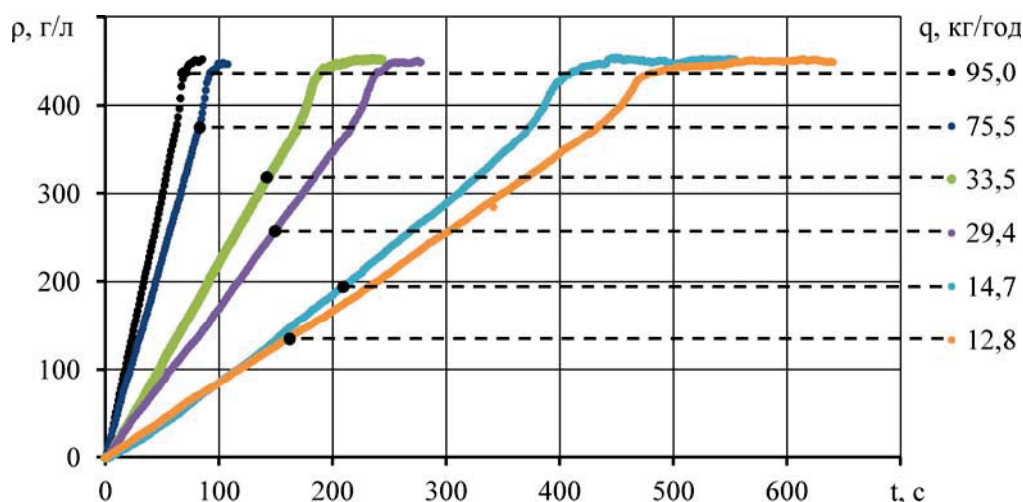


Рисунок 5 – Динамічна залежність вимірюваної об'ємної маси для різних значень подачі насінневої суміші соняшнику

Джерело: розроблено автором

Список літератури

1. Алієв Е. Б. Техніко-технологічне забезпечення процесів очищення та розділення насінневого матеріалу олійних культур. *Роль наукових досліджень в забезпеченні процесів інноваційного розвитку аграрного виробництва України*: матеріали Всеукраїнської наук.-практ. конф. молодих вчених і спеціалістів 25–26 травня 2016 р. НААН, ДУ ІЗК НААН, М-во аграр. політики та прод. України, Укр. ін-т експертизи сортів рослин. Вінниця: ТОВ «Нілан-ЛТД». С. 4-5.
2. Алієв Е. Б., Чеботарьов В. П. Рациональна прецизійна технологічна лінія процесів сепарації насінневого матеріалу соняшника. *Науково-технічний бюлетень Інституту олійних культур НААН*. Запоріжжя: ІОК НААН. 2018. С. 154-159.
3. Алієв Е. Б., Яропуд В. М. Техніко-технологічне забезпечення прецизійної сепарації насінневого матеріалу соняшника. *Всеукраїнський науково-технічний журнал "Вібрації в техніці та технологіях"* / Редколегія: Калетнік Г.М. (головний редактор) та інші. Вінниця. 2019. №1 (92). С. 40-47.
4. Заика П. М., Мазнев Г. Е. Сепарация семян по комплексу физико-механических свойств. Москва: Колос. 1978. 287 с.
5. Бартнев В. А., Бортников А. И., Марков В. Е., Жихарев С. В. А. с. 384562 СССР, МКИЗ В 07б 4/08. Пневматический сортировальный стол для сыпучих смесей. № 1675999/28-13. Заявл. 29.06.71. Оpubл. 29.05.73, Бюл. № 25. 3 с.
6. Захарченко С. В., Гриценко В. Т. Патент на винахід 80700 UA, МПК В03В 4/00 (2006), В07В 1/46

- (2006) Вібропневмосепаратор. Заявник Захарченко С. В., Гриценко В. Т. № а 20041008858; Заявл. 02.11.2004. Опубл. 25.10.2007, Бюл. № 17.
7. Захарченко С. В., Мельничук Б. О., Гриценко В. Т. Патент на винахід 75105UA, МПК В07В 4/08 (2006.01), В03В 4/00. Вібропневмосепаратор. Заявник Захарченко С. В., Мельничук Б. О., Гриценко В. Т. № а 2003076106. Заявл. 01.07.2003. Опубл. 15.03.2006, Бюл. № 3.
 8. Фадєєв Л. В. Патент на корисну модель UA 56298 U, МПК (2011.01) В03В 4/00, В07В 7/00, В07В 11/00. Пневматичний сортувальний стіл. Заявник Фадєєв Л. В. № u201007265. Заявл. 11.06.2010. Опубл. 10.01.2011, Бюл. № 1.
 9. Сухонкин Л. М., Венков С. А., Шкарупин В. С., Хабрат Н. Н., Чепрасова З. М. А. с. 774621, МПК В 07 В 4/08. Пневмосортировальный стол. Заявник Всеюзный ордена Трудового Красного Знамени научно-исследовательский институт сельскохозяйственного машиностроения им. В. П. Горячкина и Головное специализированное конструкторское бюро по комплексу машин для послеуборочной обработки зерна № 2155881/29-03. Заявл. 11.07.1975. Опубл. 30.10.1980, Бюл. № 40.
 10. Захарченко С. В., Мельничук Б. О., Гриценко В. Т. Патент на корисну модель UA 75105 C2, МПК (2006) В03В 4/00, В07В 4/08 (2006.01). Вібропневмосепаратор. Заявник Захарченко, С. В., Мельничук, Б. О., Гриценко, В. Т. № 2003076106. Заявл. 01.07.2003. Опубл. 15.03.2006, Бюл. № 3
 11. Заїка П. М., Бакум М. В., Михайлов А. Д., Козій О. Б. Сепарація насіння льону на вібраційних сепараторах. *Вібрації в техніці та технологіях*. № 3 (67). 2012. С.106-111.

Referencis

1. Aliyev, E.B. (2016). Tekhniko-tekhnologichne zabezpechennya protsesiv ochyshchennya ta rozdilennya nasinnyevoho materialu oliynykh kul'tur [Technological and technological support of processes of clearing and separation of seed oil of oilseeds]. Rol' naukovykh doslidzhen' v zabezpechenni protsesiv innovatsiynoho rozvytku ahrarynoho vyrobnytstva Ukrainy. *Materialy Vseukrayins'koyi naukovopraktychnoyi konferentsiyi molodykh vchenykh i spetsialistiv 25–26 travnya 2016 r. NAAN, DU IZK NAAN, M-vo ahrary. polityky ta prod. Ukrainy, Ukr. in-t ekspertyzy sortiv roslyn. Vinnytsya: TOV «Nilan-LTD»*, 4-5 [in Ukrainian].
2. Aliyev, E. B. & Chebotar'ov, V. P. (2018). Ratsional'na pretsyziyna tekhnologichna liniya protsesiv separatsiyi nasinnyevoho materialu sonyashnyka [Rational precision technological line of seed separation process of sunflower seeds]. *Naukovo-tekhnichnyy byuleten' Instytutu oliynykh kul'tur NAAN. Zaporizhzhya: IOK NAAN*, 154-159 [in Ukrainian].
3. Aliyev, E.B. & Yaropud V. M. (2019). Tekhniko-tekhnologichne zabezpechennya pretsyziynoyi separatsiyi nasinnyevoho materialu sonyashnyka [Technological and technological support for precision separation of sunflower seeds]. *Vseukrayins'kyy naukovo-tekhnichnyy zhurnal "Vibratsiyi v tekhnitsi ta tekhnologiyakh" / Redkolehiya: Kaletnik H.M. (holovnyy redaktor) ta inshi. Vinnytsya. №1 (92)*, 40-47 [in Ukrainian].
4. Zayka, P.M.& Maznev H.E. (1978). *Separatsyya semyan po kompleksu fizyko-mekhanicheskyykh svoystv [Separation of seeds by complex of physical and mechanical properties]*. Moscow: Kolos [in Russian].
5. Bartenev, V.A., Bortnykov, A.Y., Markov, V. E. & Zhykharev, S.V. (1973). A. s. 384562 SSSR, MKY3 V 07b 4/08. Pnevmatycheskiy sortiroval'nyy stol dlya sypuchykh smesey [Pneumatic sorting table for loose mixes]. № 1675999/28-13. *Zayavl. 29.06.71. Opubl. 29.05.73, Byul. № 25. 3* [in Russian].
6. Zakharchenko, S. V. & Hrytsenko, V. T. (2007). Patent na vynakhid 80700 UA, MPK B03B 4/00 (2006), B07B 1/46 (2006) Vibropnevmoseparator [Vibropnevmoseparator]. *Zayavnyk Zakharchenko S. V., Hrytsenko V. T. № a 20041008858; Zayavl. 02.11.2004. Opubl. 25.10.2007, Byul. № 17* [in Russian].
7. Zakharchenko, S. V., Mel'nychuk, B. O. & Hrytsenko, V. T. (2006). Patent na vynakhid 75105UA, MPK B07B 4/08 (2006.01), B03B 4/00. Vibropnevmoseparator [Vibropnevmoseparator]. *Zayavnyk Zakharchenko S. V., Mel'nychuk B. O., Hrytsenko V. T. № a 2003076106. Zayavl. 01.07.2003. Opubl. 15.03.2006, Byul. № 3* [in Russian].
8. Fadyeyev, L. V. (2011). Patent na korysnu model' UA 56298 U, MPK (2011.01) B03B 4/00, B07B 7/00, B07B 11/00. Pnevmatychnyy sortoval'nyy stil [Pneumatic sorting table]. *Zayavnyk Fadyeyev L. V. № u201007265. Zayavl. 11.06.2010. Opubl. 10.01.2011, Byul. № 1*. [in Ukrainian].
9. Sukhonkyn, L.M., Venkov, S.A., Shkarupyn, V.S., Khabrat N.N. & Cheprasova, Z.M. (1980). A. s. 774621, MPK V 07 V 4/08. Pnevmosortiroval'nyy stol [Pneumorting table]. *Zayavnyk Vseuznyy ordena Trudovoho Krasnogo Znameny nauchno-issledovatel'skiy ynstitut sel'skokhozyaystvennogo mashynostroennya ym. V. P. Horyachkina y Holovnoe spetsyalyzovannoe konstruktorskoe byuro po kompleksu mashyn dlya posleuborochnoy obrabotky zerna № 2155881/29-03. Zayavl. 11.07.1975. Opubl. 30.10.1980, Byul. № 40* [in Ukrainian].

10. Zakharchenko, S.V., Mel'nychuk, B.O. & Hrytsenko, V.T. (2006). Patent na korysnu model' UA 75105 S2, MPK (2006) B03B 4/00, B07B 4/08 (2006.01). Vibropnevmostparator [Vibro-pneumatic separator]. *Zayavnyk Zakharchenko, S. V., Mel'nychuk, B. O., Hrytsenko, V. T. № 2003076106. Zayavl. 01.07.2003. Opubl. 15.03.2006, Byul. № 3* [in Ukrainian].
11. Zayika, P.M., Bakum, M.V., Mihaylov, A.D. & Koziy, O.B. (2012). Separatsiya nasynnya lonu na vibratsiynih separatorah [Flax seed separation on vibratory separators]. *Vibratsiyni v tehnitsi ta tehnologiyah. № 3 (67)*. 106-111. [in Ukrainian].

Elchin Aliiev, PhD tech. sci.

Institute of Oilseed Crops NAAS, Zaporizhia, Ukraine

Development and Calibration of a Unit for Measuring the Volumetric Mass Flow of Sunflower Seed Material

One of the elements of the proposed rational precision technological line of separation of super elite seed material of sunflower is the vibro-pneumatic separator.

The disadvantages of well-known equipment include the low productivity and quality of separation operations, the purification and separation of heterogeneous grain or seed mixtures by volume by weight on the fraction due to the need for constant adjustment of the frequency of oscillations of the deck and the speed of air flow through the working surface of the deck, which is to a large extent affects both the productivity of the machine and the quality of seed separation on the fraction. Also, the indicated vibro-pneumatic separators have low productivity due to the large heterogeneity of grain or seed material, which needs to be divided into fractions. This necessitates the need to constantly adjust the angles of the longitudinal and transverse slopes of the deck to ensure even distribution of the material across the plane of the working surface, which leads to a decrease in machine performance, the deterioration of the quality of material separation into fractions and increase the complexity of the execution of the process.

In order to overcome the drawbacks of the known equipment, namely the low productivity and quality of separation operations, the purification and separation of the heterogeneous seed mixture by volume by weight on the fraction, it is necessary to apply an automated control system based on the used sensor of the volume mass of the seed mixture flow. Thus, the goal is to develop and calibrate the sensor of the volume mass of the seed mixture stream, which will be included in the automated control system of the vibro-pneumatic separator.

The calibration unit for measuring the bulk density of an adaptive vibropneumatic separator has been developed and carried out. As a result of comparing the obtained values with the traditional method of measuring the volume mass (DSTU 4694: 2006) using the calculated Pearson criterion (χ^2), the normality of the measurement error distribution is 2.13, which is more than the table value $\chi^2(0.95;5) = 1.15$. The hypothesis about the uniformity of values was tested using the Cochren test $G = 0.39 < G_{0.05}(1, 20) = 0.48$.

separation, measurement unit, quality, seed, mixture, flow, process, evaluation

Одержано (Received) 29.11.2019

Прорецензовано (Reviewed) 05.12.2019

Прийнято до друку (Approved) 23.12.2019