

## Обоснование конструктивно-компоновочной схемы гравитационно-пневматического очистителя семян сои

**Виктор Геннадьевич Хамуев,**  
кандидат технических наук,  
ведущий научный сотрудник,  
e-mail: victor250476@yandex.ru;

**Станислав Александрович Герасименко,**  
младший научный сотрудник,  
e-mail: stanislav.mkm@gmail.com

Федеральный научный агроинженерный центр ВИМ, Москва, Российская Федерация

**Реферат.** Показали, что научные исследования по интенсификации процессов сепарации семян сои необходимы для разработки технологий очистки нового типа, исключающих недостатки традиционных машин, а также для достижения более выгодных технико-экономических показателей зерноочистительного оборудования. (*Цель исследования*) Обосновать конструктивные параметры очистительно-сортировальной установки для высокоэффективной сепарации семян сои. (*Материалы и методы*) Использовали разработанный макетный образец установки для очистки семян сои, состоящий из гравитационной колонки и пневматического очистительно-сортировального канала. Обосновали количество гребенок в гравитационной колонке и зазор между прутками гребенок. Определили полноту выделения крупной примеси в гравитационной колонке, легкой примеси – в первой секции канала, половинок сои – во второй, мелких и шуплых семян сои – в третьей секции канала при различной подаче материала на очистку. (*Результаты и обсуждение*) Установили оптимальное количество гребенок для гравитационной колонки – 10 штук при зазорах между прутками гребенок 10 миллиметров, при этом эффективность сепарации – 99,3 процента. Выявили, что оптимальное соотношение ширины сужающей перегородки и глубины секции канала, равной 150 миллиметрам, составляет 0,37. Вычислили, что ширина сужающих перегородок составит 55,5 миллиметра; оптимальная подача сои – 2,5 тонны в час, при этом полнота выделения в гравитационной колонке – не ниже 95 процентов, в пневматическом канале – не меньше 98 процентов. (*Выводы*) Определили, что интенсификация сепарации семян сои возможна путем совместного применения гравитационной колонки и пневматического сепарирующего устройства, что позволяет увеличить производительность и эффективность очистки сои на 20 процентов и более.

**Ключевые слова:** семена сои, очистка семян, сортировка семян, сепарация семян, гравитационная колонка, пневматический канал.

**■ Для цитирования:** Хамуев В.Г., Герасименко С.А. Обоснование конструктивно-компоновочной схемы гравитационно-пневматического очистителя семян сои // *Сельскохозяйственные машины и технологии*. 2022. Т. 16. №3. С. 27-32. DOI 10.22314/2073-7599-2022-16-3-27-32. EDN CYQEBA.

## Substantiation of the Design and Layout Scheme for the Gravity-Pneumatic Soybean Seed Cleaner

**Viktor G. Khamuev,**  
Ph.D.(Eng), leading researcher,  
e-mail: victor250476@yandex.ru;

**Stanislav A. Gerasimenko,**  
junior researcher,  
e-mail: stanislav.mkm@gmail.com

Federal Scientific Agroengineering Center VIM, Moscow, Russian Federation

**Abstract.** It is shown that scientific research into the intensification of soybean seed separation processes is necessary for developing new type purification technologies that eliminate the shortcomings of traditional machines, as well as achieving more favorable technical and economic indicators of grain cleaning equipment. (*Research purpose*) To substantiate the design parameters of a cleaning and sorting plant for highly efficient separation of soybean seeds. (*Materials and methods*) We used a developed prototype model of the plant for cleaning soybean seeds, consisting of a gravity column and a pneumatic cleaning and sorting channel. The number of combs in the gravity column and the gap between the comb bars were substantiated. Subject to different supply of material, the completeness of separating a large impurity was determined in a gravity column, a light impurity – in the first section of the channel, soybean halves – in the second section of the channel, small and puny soybean seeds – in the third one. (*Results*

and discussion) The optimal number of combs for the gravity column was set to 10 pieces with a gap between the comb bars of 10 millimeters, thus providing the separation efficiency of 99.3 percent. It was obtained that the optimal ratio between the width of the narrowing partition and the 50-millimeters depth of the channel section equals 0.37. The width of the narrowing partitions was calculated to be 55.5 millimeters; the optimal supply of soybeans is 2.5 tons per hour, thus providing the separation completeness in the gravity column of no less than 95 percent, and that in the pneumatic channel of no less than 98 percent. (Conclusions) It was determined that the intensification of the soybean seed separation process is possible by the combined use of a gravity column and a pneumatic separating device, which can increase the productivity and efficiency of soybean cleaning by 20 percent or more. **Keywords:** soybean seeds, seed cleaning, seed sorting, seed separation, gravity column, pneumatic channel.

**For citation:** Khamuev V.G., Gerasimenko S.A. Obosnovanie konstruktivno-komponovochnoy skhemy gravitatsionno-pnevmaticheskogo ochestitelya semyan soi [Substantiation of the design and layout scheme for the gravity-pneumatic soybean seed cleaner]. *Sel'skokhozyaystvennyye mashiny i tekhnologii*. 2022. Vol. 16. N3. 27-32 (In Russian). DOI 10.22314/2073-7599-2022-16-3-27-32. EDN CYQEBA.

Основным рабочим органом в оборудовании для очистки сои остается решето, где выделение примесей стало простой отработанной технологией [1-3]. Одни из самых популярных воздушно-решетных зерноочистительных машин в хозяйствах РФ – *Petkus K-531, ОВС-25, ЗВС-20А* и др [4-6]. Тем не менее решетным машинам присущи свои недостатки, например, очистка материала от мелких примесей ведет к забиванию отверстий решет, что уменьшает производительность [7-9]. Специальные очищающие устройства усложняют конструкцию, увеличивают энерго- и металлоемкость техники [10-12]. Для высокопроизводительных машин с большими динамическими нагрузками требуется сооружение специальных фундаментов, что ведет к удорожанию комплексов для послеуборочной обработки сои (СНиП 2.02.05-87).

Интенсификация сепарации семян сои базируется на технологиях очистки нового типа, исключающих недостатки традиционных машин, с более выгодными технико-экономическими показателями зерноочистительного оборудования [13-15].

**Цель исследования** – обоснование конструктивных параметров очистительно-сортировальной установки для высокоэффективной сепарации семян сои.

**Материалы и методы.** Исследования проводили на разработанном в ФНАЦ ВИМ макетном образце установки для очистки семян сои (рис. 1).

Исходный материал (соя после уборки) подается в приемный бункер, затем поступает в гравитационную колонку, где движется вниз самотеком по криволинейным поверхностям гребенок, установленных каскадом. Крупная примесь (камни, кусочки земли, недомолоченные стручки сои) сходом выводится из гравитационной колонки. В пневмоочистительном канале под воздействием вертикально восходящих воздушных потоков, создаваемых вентиляторами, происходит выделение легких примесей, половинок сои и семян с наименьшим удельным весом [16-18].

Мелкие примеси выносятся в осадочные камеры. Пыль, проходя через вентилятор, поступает в матер-

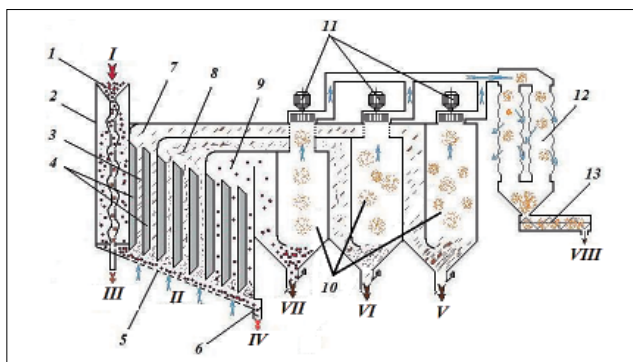


Рис. 1. Конструктивно-компоновочная схема макетного образца очистителя семян сои: 1 – приемный бункер; 2 – гравитационная колонка; 3 – пневматический канал; 4 – сужающие перегородки; 5 – поддерживающая сетка; 6 – вывод чистого материала; 7-9 – секции пневматического очистительно-сортировального канала; 10 – осадочные камеры; 11 – вентиляторы; 12 – фильтры; 13 – шнек; I – исходный материал; II – воздушный поток; III – крупная примесь; IV – очищенные семена сои; V – легкая примесь; VI – половинки семян; VII – фуражная фракция; VIII – пыль

Fig. 1. Design and layout diagram of a mock-up sample of a soybean seed cleaner: 1 – receiving hopper; 2 – gravity column; 3 – pneumatic channel; 4 – narrowing partitions; 5 – supporting grid; 6 – purified product output; 7-9 sections of the pneumatic cleaning and sorting channel; 10 – sedimentary chambers; 11 – fans; 12 – filters; 13 – auger; I – source material; II – air flow; III – large impurity; IV – shelled soybean seeds; V – light impurity; VI – soy halves; VII – soybean fodder; VIII – dust

чатые фильтры пылесборника, откуда выводится транспортером.

В опытах обосновывали:

- количество гребенок  $N$  в гравитационной колонке и зазор  $C$  между прутками гребенок;
- оптимальное соотношение ширины  $b$  сужающей перегородки и глубины  $d=150$  мм секции канала ( $b/d$ ), чтобы удельная зерновая нагрузка в канале составляла  $3 \text{ кг/см}^2 \cdot \text{ч}$ . Ширина перегородок: 0 (без перегородок), 30, 60, 90 и 120 мм, угол  $\alpha$  скоса перегородки –  $45^\circ$ .

Затем определяли полноту выделения крупной примеси в гравитационной колонке, легкой примеси в I секции канала, половинок сои во II секции канала, мелких и щуплых семян сои (проход через решетку диаметром 3 мм) в III секции канала при различной подаче материала на очистку.

Количество выносимых в отходы семян сои в исследованиях соответствовало исходным требованиям (ИТ) на основные технологические операции послеуборочной обработки семян [19-21].

Зерновая смесь влажностью 11,9% состояла из семян сои чистой 96,11%, крупной примеси (камни и кусочки земли) – 0,68%, легкой примеси (оболочка бобов) – 1,33%, мелких и щуплых семян – 0,71%, половинок – 1,17%.

Опыты проводили в трехкратной повторности, погрешность – менее 5% при доверительной вероятности 0,9.

**РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ.** Выделение крупной примеси наиболее результативно, если в гравитационной колонке 10 гребенок, а зазоры между их прутками равны 10 мм (рис. 2). Эффективность сепарации составляет 99,3%, то есть при 100%-ном выделении крупной примеси потери основного компонента составляют 0,7%, что соответствует ИТ [13-15].

Если зазоры между прутками меньше – 8 мм, то некоторая часть сои не проходит через гребенки и попадает вместе с примесью в отходы, что повышает потери сои. Эффективность очистки равна 82,3%. Если зазоры увеличить до 12 мм, то через гребенки вместе с основным материалом проходят крупные примеси (уменьшается полнота выделения примеси). В этом случае эффективность очистки не превышает 77,9%.

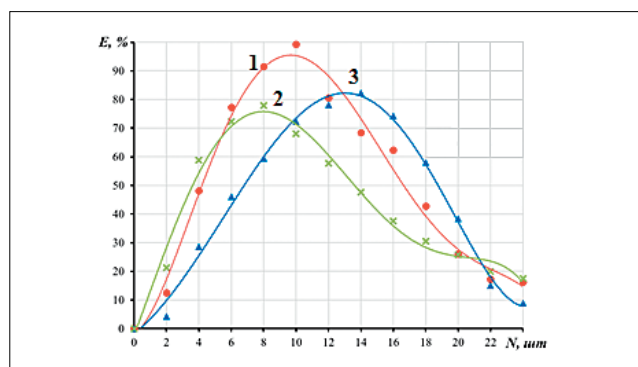


Рис. 2. Эффективность выделения крупной примеси в зависимости от количества гребенок при различных зазорах между прутками гребенок: 1 – 10 мм, 2 – 12 мм, 3 – 8 мм

Fig. 2. Efficiency of large impurity extraction ( $E$ ) depending on the number of combs ( $N$ ) at different clearances ( $C$ ) between the comb bars: 1 –  $C = 10$  mm, 2 –  $C = 12$  mm, 3 –  $C = 8$  mm

Полнота выделения примесей зависит от соотношения ширины сужающей перегородки  $b$  и глубины секции  $d$  пневматического очистительно-сортировального канала

(рис. 3). Оптимальное соотношение  $b/d$  при максимуме кривых для каждой примеси равно примерно 0,37, откуда ширина сужающих перегородок составит 55,5 мм.

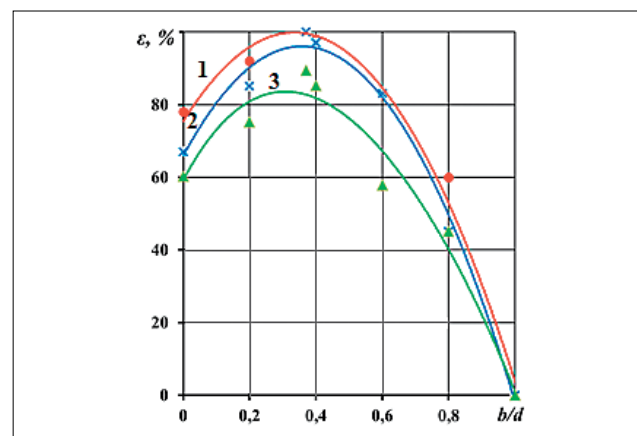


Рис. 3. Зависимость полноты выделения примесей от соотношения ширины сужающей перегородки  $b$  и глубины секции  $d$  пневматического очистительно-сортировального канала: 1 – легкие примеси; 2 – половинки сои; 3 – мелкая соя

Fig. 3. Dependence of the impurity extraction completeness ( $\epsilon$ ) on the ratio of the narrowing partition width ( $b$ ) and the depth of the pneumatic cleaning and sorting channel section ( $d$ ): 1 – light impurities; 2 – soybean halves; 3 – fine soybeans

Полнота выделения примесей  $\epsilon$  зависит от подачи материала  $Q$  в макетный образец очистительно-сортировальной установки (рис. 4). Оптимальная подача сои составляет 2,5 т/ч, при этом полнота выделе-

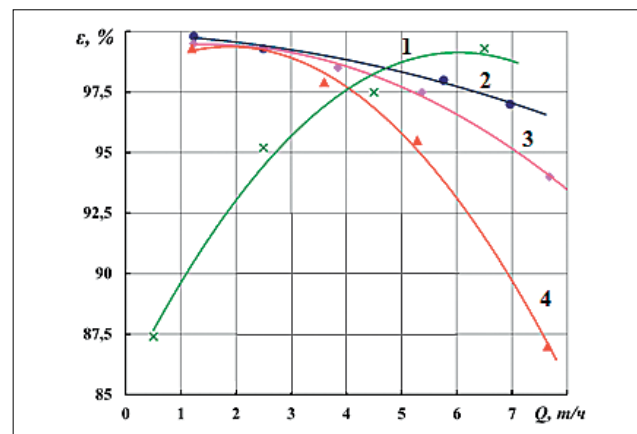


Рис. 4. Зависимость полноты выделения примесей  $\epsilon$  от подачи материала  $Q$  в макетный образец очистительно-сортировальной установки: 1 – крупные примеси; 2 – легкие примеси; 3 – битые пополам семена; 4 – мелкая соя

Fig. 4. Dependence of the impurity extraction completeness ( $\epsilon$ ) on feeding the material ( $Q$ ) into the prototype model of the cleaning and sorting plant: 1 – large impurities, 2 – light impurities, 3 – seeds broken into halves, 4 – fine soybeans

ния в пневматическом канале – не ниже 98%, а крупной примеси – не меньше 95%.



**Выводы.** Интенсификация сепарации семян сои возможна путем совместного применения гравитационной колонки с зигзагообразным каналом, образованным каскадом установленных гребенок, и пневматического сепарирующего канала с вертикаль-

но-восходящим воздушным потоком, где установлены сужающие перегородки. В результате увеличивается производительность, эффективность очистки повышается на 20% и более.

### БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Ахмедов А.Н., Ибодуллаева М.С.К., Рахматов Э.Р. Совершенствование процесса очистки семян сои // *Universum: технические науки*. 2022. N4-7(97). С. 16-20.
2. Смолянинов Ю.Н. Пути совершенствования технологии послеуборочной обработки зерна // *Бюллетень науки и практики*. 2017. N11(24). С. 97-102.
3. Бельшикина М.Е., Старостин И.А., Загоруйко М.Г. Пути совершенствования технологии уборки и послеуборочной доработки сои // *Аграрный научный журнал*. 2020. N8. С. 4-9.
4. Харитонов М.К., Гиевский А.М., Оробинский В.И., Чернышов А.В., Баскаков И.В. Повышение эффективности работы решётной очистки зерноочистительных машин // *Вестник Воронежского государственного аграрного университета*. 2020. Т. 13. N1(64). С. 19-27.
5. Припоров И.Е., Слепченко Ю.В. Перспективы использования компьютерных устройств в воздушно-решётных зерноочистительных машинах // *Известия Оренбургского государственного аграрного университета*. 2020. N1(81). С. 93-97.
6. Николаев В.А. Определение параметров траектории зерновки при ее падении на решето полуавтоматической зерноочистительной машины // *Аграрный вестник Верхневолжья*. 2019. N4(29). С. 92-101.
7. Измайлов А.Ю., Лачуга Ю.Ф., Зюлин А.Н. Разработка и внедрение высокоэффективных, ресурсо- и энергосберегающих технологий и технических средств послеуборочной обработки зерна и подготовки семян // *Сельскохозяйственные машины и технологии*. 2009. N1. С. 2-8.
8. Хамуев В.Г. Обоснование параметров гравитационной очистительной колонки // *Сельскохозяйственные машины и технологии*. 2020. Т. 14. N4. С. 26-32.
9. Дорохов А.С., Московский М.Н., Хамуев В.Г., Герасименко С.А. Определение оптимальных кинематических параметров решетного стана при сепарации образцов селекционных семян // *Вестник Федерального государственного образовательного учреждения высшего профессионального образования «Московский государственный агроинженерный университет имени В.П. Горячкина»*. 2018. N6(88). С. 4-10.
10. Московский М.Н., Хамуев В.Г., Герасименко С.А., Борзенко С.И., Кынев Н.Г. Производственные испытания зерноочистительной машины с программно-аппаратным управлением в составе технологической линии // *Электротехнологии и электрооборудование в АПК*. 2021. Т. 68. N4 (45). С. 112-117.
11. Лачуга Ю.Ф., Назин Е.И., Митин С.Г., Орлик Л.С., Краснощек Н.В., Липкович Э.И. и др. Стратегия машинно-технологического обеспечения производства сельскохозяйственной продукции России на период до 2010 г. М.: ВИМ. 2003. 49 с.
12. Жалнин Э.В. Аксиоматизация земледельческой механики. М.: ВИМ. 2002. 204 с.
13. Moskovsky M.N., Chaava M.M., Chumak I.V. Development of a structural-functional model of a single production process obtaining seed material in farms. *ARP Journal of Engineering and Applied Sciences*. 2018. Vol. 13. N6. 2157-2165.
14. Елизаров В.П., Антышев Н.М., Бейлис В.М., Шевцов В.Г. Исходные требования на технологические операции в растениеводстве // *Сельскохозяйственные машины и технологии*. 2011. N1. С. 11-14.
15. Зюлин А.Н., Стрелков А.А. Гравитационный зерноочиститель: зависимость полноты просеивания фракций зернового материала от числа решеток // *Достижения науки и техники АПК*. 2001. N10. С. 25.
16. Савиных П.А., Сычугов Ю.В., Казаков В.А., Зиганшин Б.Г. Разработка и исследование машины для воздушной очистки семян трав и зерна // *Вестник Казанского государственного аграрного университета*. 2021. Т. 16. N1(61). С. 84-89.
17. Цепляев А.Н., Габидулина А.Е., Харлашин А.В., Богданов С.И. Аналитическое определение абсолютной скорости семени мелкозерновых культур при разделении вороха на роторном сепараторе // *Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: Наука и высшее профессиональное образование*. 2019. N2(54). С. 338-346.
18. Цепляев А.Н., Габидулина А.Е., Харлашин А.В. Экспериментальное определение параметров пневмомеханического сепаратора на основе многофакторного эксперимента // *Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: Наука и высшее профессиональное образование*. 2019. N4(56). С. 282-290.
19. Doshi J.S., Patel V.B., Patel J.B., Patel J.A. Quantification of Quality Improvement in Wheat Seed Processing. *Journal of Agricultural Engineering*. 2013. Vol. 4. Issue 159. 83-86.
20. Kroulik M., Hůla J., Rybka A., Honzík I. Pneumatic conveying characteristics of seeds in a vertical ascending airstream. *Research in Agricultural Engineering*. 2016. 62. 56-63.
21. Łukaszuk J., Molenda M., Horabik J., Szot B., Montross M.D. Airflow resistance of wheat bedding as influenced by the filling method. *Research in Agricultural Engineering*. 2008. 54. 50-57.

## REFERENCES

1. Akhmedov A.N., Ibdullaeva M.S.K., Rakhmatov E.R. Sovershenstvovanie protsessa oчитki semyan soi [Improving the soybean seed cleaning process]. *Universum: tekhnicheskie nauki*. 2022. N4-7(97). 16-20 (In Russian).
2. Smolyaninov Yu.N. Puti sovershenstvovaniya tekhnologii posleuborochnoy obrabotki zerna [Perfection of technology postharvest processing of grain]. *Byulleten' nauki i praktiki*. 2017. N11(24). 97-102 (In Russian).
3. Belyshkina M.E., Starostin I.A., Zagoruyko M.G. Puti sovershenstvovaniya tekhnologii uborki i posleuborochnoy dorabotki soi [Ways to improve cleaning technology and post-harvest processing of soybeans]. *Agrarnyy nauchnyy zhurnal*. 2020. N8. 4-9 (In Russian).
4. Kharitonov M.K., Gievskiy A.M., Orobinskiy V.I., Chernyshov A.V., Baskakov I.V. Povyshenie effektivnosti raboty reshetnoy oчитki zernooчитitel'nykh mashin [Improving the efficiency of screen-type separation in grain cleaning machines]. *Vestnik Voronezhskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta*. 2020. Vol. 13. N1(64). 19-27 (In Russian).
5. Priporov I.E., Slepchenko Yu.V. Perspektivy ispol'zovaniya komp'yuternykh ustroystv v vozduшно-reshetnykh zernooчитitel'nykh mashinakh [Prospects for the use of computer devices in air-sieve grain cleaning machines]. *Izvestiya Orenburgskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta*. 2020. N1(81). 93-97 (In Russian).
6. Nikolaev V.A. Opredelenie parametrov traektorii zernovki pri et padenii na reshetu poluavtomaticheskoy zernooчитitel'noy mashiny [Determination of the trajectory parameters of grain when falling onto a sieve of semi-automatic grain cleaning machine]. *Agrarnyy vestnik Verkhnevolzh'ya*. 2019. N4(29). 92-101 (In Russian).
7. Izmaylov A.Yu., Lachuga Yu.F., Zyulin A.N. Razrabotka i vnedrenie vysokoeffektivnykh, resurso- i energosberegayushchikh tekhnologiy i tekhnicheskikh sredstv posleuborochnoy obrabotki zerna i podgotovki semyan [Development and implementation of highly efficient, resource- and energy-saving approaches and technologies for post-harvest grain processing and seed preparation]. *Sel'skokhozyaystvennyye mashiny i tekhnologii*. 2009. N1. 2-8 (In Russian).
8. Khamuev V.G. Obosnovanie parametrov gravitatsionnoy oчитitel'noy kolonki [Justification of the gravitational seed cleaning system parameters]. *Sel'skokhozyaystvennyye mashiny i tekhnologii*. 2020. Vol. 14. N4. 26-32 (In Russian).
9. Dorokhov A.S., Moskovskiy M.N., Khamuev V.G., Gerasimenko S.A. Opredelenie optimal'nykh kinematicheskikh parametrov reshetnogo stana pri separatsii obraztsov selektsionnykh semyan [Determining optimal kinematic parameters of a screen shoe used for separating breeding seed samples]. *Vestnik Federal'nogo gosudarstvennogo obrazovatel'nogo uchrezhdeniya vysshego professional'nogo obrazovaniya «Moskovskiy gosudarstvennyy agroinzhenernyy universitet imeni V.P. Goryachkina»*. 2018. N6(88). 4-10 (In Russian).
10. Moskovskiy M.N., Khamuev V.G., Gerasimenko S.A., Borzenko S.I., Kynev N.G. Proizvodstvennyye ispytaniya zernooчитitel'noy mashiny s programmno-apparatnym upravleniem v sostave tekhnologicheskoy linii [Production tests of a grain-cleaning machine with software and hardware control as part of a technological line]. *Elektrotekhnologii i elektrooborudovanie v APK*. 2021. Vol. 68. N4 (45). 112-117 (In Russian).
11. Lachuga Yu.F., Nazin E.I., Mitin S.G., Orsik L.S., Krasnoshechekov N.V., Lipkovich E.I., et al. Strategiya mashinno-tekhnologicheskogo obespecheniya proizvodstva sel'skokhozyaystvennoy produktsii Rossii na period do 2010 g [Strategy for machine and technological support of agricultural production in Russia for the period up to 2010]. Moscow: VIM. 2003. 49 (In Russian).
12. Zhalnin E.V. Aksiomatizatsiya zemledel'cheskoy mekhaniki [Axiomatization of agricultural mechanics]. Moscow: VIM. 2002. 204 (In Russian).
13. Moskovskiy M.N., Chaava M.M., Chumak I.V. Development of a structural-functional model of a single production process obtaining seed material in farms. *ARPN Journal of Engineering and Applied Sciences*. 2018. Vol. 13. N6. 2157-2165 (In English).
14. Elizarov V.P., Antyshev N.M., Beylis V.M., Shevtsov V.G. Iskhodnye trebovaniya na tekhnologicheskie operatsii v rastenievodstve [Initial requirements for technological operations in crop production]. *Sel'skokhozyaystvennyye mashiny i tekhnologii*. 2011. N1. 11-14 (In Russian).
15. Zyulin A.N., Strelkov A.A. Gravitatsionnyy zernooчитitel': zavisimost' polnoty proseivaniya fraktsiy zernovogo materiala ot chisla reshetok [Gravity grain cleaner: dependence between the completeness of sifting grain material fractions and the number of gratings]. *Dostizheniya nauki i tekhniki APK*. 2001. N10. 25 (In Russian).
16. Savinykh P.A., Sychugov Yu.V., Kazakov V.A., Ziganshin B.G. Razrabotka i issledovanie mashiny dlya vozduшноy oчитki semyan trav i zerna [Development and research of a machine for air cleaning of grass and grain seeds]. *Vestnik Kazanskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta*. 2021. Vol. 16. N1(61). 84-89 (In Russian).
17. Tseplyaev A.N., Gabidulina A.E., Kharlashin A.V., Bogdanov S.I. Analiticheskoe opredelenie absolyutnoy skorosti semeni melkosemyannykh kul'tur pri razdelenii vorokha na rotornom separatore [Analytical determination of the absolute velocity of the seed of small-seed crops under the splitting spark on a rotary separator]. *Izvestiya Nizhnevolzhskogo agrouniversitetskogo kompleksa: Nauka i vysshee professional'noe obrazovanie*. 2019. N2(54). 338-346 (In Russian).
18. Tseplyaev A.N., Gabidulina A.E., Kharlashin A.V. Eksperimental'noe opredelenie parametrov pnevmomekhanicheskogo separatora na osnove mnogofaktornogo eksperimenta [Experimental determination of the parameters of the pneumatic-mechanical separator based on a multi-factor experiment]. *Izvestiya Nizhnevolzhskogo agrouniversitetskogo kompleksa: Nauka i vysshee professional'noe obrazovanie*. 2019. N4(56). 282-290 (In Russian).

19. Doshi J.S., Patel V.B., Patel J.B., Patel J.A. Quantification of Quality Improvement in Wheat Seed Processing. *Journal of Agricultural Engineering*. 2013. Vol. 4. N159. 83-86 (In English).
20. Kroulík M., Hůla J., Rybka A., Honzík I. Pneumatic conveying characteristics of seeds in a vertical ascending airstream. *Research in Agricultural Engineering*. 2016. 62. 56-63 (In English).
21. Łukaszuk J., Molenda M., Horabik J., Szot B., Montross M.D. Airflow resistance of wheat bedding as influenced by the filling method. *Research in Agricultural Engineering*. 2008. 54. 50-57 (In English).

### Конфликт интересов

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

### Conflict of interest

The authors declare no conflict of interest.

### Заявленный вклад соавторов:

Хамуев В.Г. – научное руководство, проведение опыта, формирование общих выводов, обобщение данных литературы, итоговая переработка статьи;  
Герасименко С.А. – проведение опыта, обработка данных опыта, составление начального варианта статьи, литературный анализ, доработка текста.

### Coauthors' contribution:

Khamuev V.G. – scientific supervision, conducting the experiment, formulating general conclusions, summarizing the research literature, the manuscript final processing;  
Gerasimenko S.A. – conducting the experiment, processing the experiment data, working on the initial version of the article, literature review, the manuscript revision.

Авторы прочитали и одобрили окончательный вариант рукописи.

The authors read and approved the final manuscript.

Статья поступила в редакцию  
Статья принята к публикации

The paper was submitted to the Editorial Office on  
The paper was accepted for publication on

20.04.2022  
17.08.2022