

Определение толщины сужающих перегородок в вертикальном пневмосепарирующем канале при очистке 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. Отмечено, что изучение процессов сепарации семян сои в вертикальном глубоком пневмосепарирующем канале способствует повышению технико-экономических показателей в устройствах зерноочистительного оборудования. (*Цель исследования*) Обосновать толщину сужающих перегородок в вертикальном пневмосепарирующем канале. (*Материалы и методы*) Использовали разработанный макетный образец вертикального глубокого пневмосепарирующего канала, состоящий из трех секций разной высоты, при очистке семян сои. Обосновывали оптимальную толщину сужающих перегородок в канале. Определяли полноту выделения примеси и эффективность процесса сепарации семян в вертикальном пневмосепарирующем канале при очистке семян сои при максимальной удельной зерновой нагрузке. (*Результаты и обсуждение*) Определили: оптимальная толщина сужающих перегородок составляет 70 миллиметров при максимальной удельной зерновой нагрузке 5 килограммов на один сантиметр квадратный в час. Потери семян не превышают 3 процента в пневмоканале с сужающими перегородками, полнота выделения примеси фракции «Отход» 74 процента. Эффективность процесса сепарации составила 71 процент, чистота фракции «Семена» 81 процент за один проход на предварительной очистке. (*Выводы*) Установили, что применение сужающих перегородок в вертикальном пневмосепарирующем канале при очистке семян сои способствует увеличению удельной зерновой нагрузки до 5 килограммов на 1 сантиметр квадратный в 1 час в сравнении с традиционными пневмосепарирующими каналами до 2 килограммов на 1 сантиметр квадратный в час. Предлагаемое техническое решение позволяет уменьшить потери семян сои до 3 процентов (при исходных требованиях не более 10 процентов) за один проход, а также снизить электропотребление машины с 4,5 до 2,25 киловатт-часа.

Ключевые слова: семена, соя, очистка, сепарация, пневматический канал.

■ **Для цитирования:** Хамуев В.Г., Герасименко С.А. Определение толщины сужающих перегородок в вертикальном пневмосепарирующем канале // *Сельскохозяйственные машины и технологии*. 2023. Т. 17. №3. С. 79-84. DOI 10.22314/2073-7599-2023-17-3-79-84. EDN IWHRXD.

Quantifying Narrowing Partition Thickness in a Vertical Deep Aspirating Channel for Soybean Seed Cleaning

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. The paper highlights that the study of the soybean seed separation processes in a vertical deep aspirating channel contributes to the improvement of technical and economic indicators in grain cleaning equipment. (*Research purpose*) The research aims to substantiate the thickness of narrowing partitions in the vertical deep aspirating channel. (*Materials and methods*) A prototype of a vertical deep aspirating channel with three sections of varying height, was used for cleaning soybean seeds. The optimal thickness of the narrowing partitions in the channel has been justified. Impurity extraction completeness and seed separation efficiency within a vertical aspirating channel were assessed for soybean seed cleaning under maximum specific grain load conditions. (*Results and discussion*) The following parameters have been determined: the optimal thickness for the narrowing partitions is 70 millimeters under a maximum specific grain load of 5 kilograms per square centimeter per hour. Seed losses do not exceed 3 percent in the aspirating channel with narrowing partitions, with impurity extraction completeness of 74 percent for the «Waste» fraction. The efficiency of the separation process stands at 71 percent, and the purity level of the «Seeds» fraction

reaches 81 percent in a single pass during the preliminary cleaning stage. (*Conclusions*) It has been established that the use of narrowing partitions in a vertical aspirating channel during soybean seed cleaning leads to an increase in the specific grain load up to 5 kilograms per square centimeter per hour, compared to 2 kilograms per square centimeter per hour achieved by traditional pneumatic separation channels. The proposed technical solution reduces soybean seed losses to 3 percent (compared to the initial requirements of no more than 10 percent) in a single pass and reduces machine power consumption from 4.5 to 2.25 kilowatt-hours.

Keywords: seeds, soybeans, cleaning, separation, aspirating channel

For citation: Khamuev V.G., Gerasimenko S.A. Opredelenie tolshchiny suzhayushchikh pereгородок v vertikal'nom pnevmosepariruyushchem kanale [Quantifying narrowing partition thickness in a vertical pneumatic separation channel for soybean seed cleaning]. *Sel'skokhozyaystvennye mashiny i tekhnologii*. 2023. Vol. 17. N3. 79-84 (In Russian). DOI 10.22314/2073-7599-2023-17-3-79-84. EDN IWHRXD.

Важной проблемой в агропромышленном комплексе по-прежнему остается послеуборочная обработка зерна и подготовка качественных семян. В настоящее время 90% зерноочистительной техники устарело, а обеспеченность оборудованием не превышает 40% [1-5]. Применение машин с решетным станом не приводит к достижению должного качества очистки посевного материала за один проход, так как происходит травмирование семян на решетках (дробление), до 46% семян получают микроповреждения, а решета забиваются семядолями сои [6-13]. Это свидетельствует о необходимости исследований и создания нового оборудования, в котором будут устранены недостатки машин с решетным станом для послеуборочной обработки семян сои [14-16].

Цель исследования – обоснование толщины сужающих перегородок в вертикальном пневмосепарирующем канале.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ. Для исследования изготовлен макетный образец вертикального глубокого пневмосепарирующего канала (рис. 1).

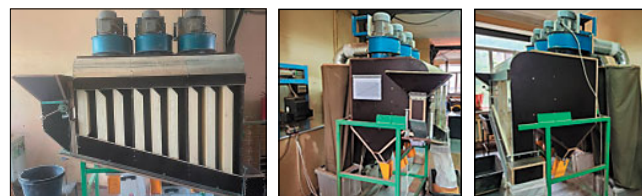


Рис. 1. Вертикальный пневмосепарирующий канал
Fig. 1. A vertical aspirating channel

Макетный образец изготовлен из ламинированной фанеры толщиной 18 мм. Для наблюдения за процессом фронтальная стенка пневмоканала выполнена из оргстекла. На поддерживающую сетку, закрепленную на четырех шарнирах и расположенную в нижней части канала, установили электровибромотор с амплитудой колебаний до 2 мм, что способствует увеличению скорости движения материала вниз по поддерживающей сетке. Геометрические характеристики пневмоканала: глубина – 1326 мм, ширина – 90 мм, высота у входа материала – 560 мм, у выхода –

980 мм. Пневмоканал разделен на три секции, в каждой установлен центробежный вентилятор мощностью 0,75 кВт.

Технические характеристики опытного образца пневматической зерно- и семяочистительной машины

Производительность, т/ч:	
при очистке семян	3
при очистке продовольственного зерна	5
Габаритные размеры, мм	1487×1387×2658
Масса, кг	340
Количество вентиляторов (центробежного типа), шт.	3
Частота вращения ротора электродвигателя, мин ⁻¹	2850
Установленная мощность, кВт	2,25

На рисунке 2 представлена технологическая схема вертикального глубокого пневмосепарирующего устройства.

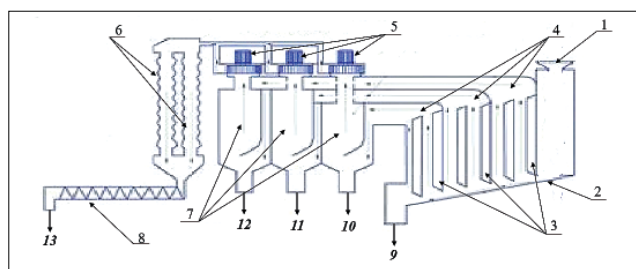


Рис. 2. Конструктивно-компоновочная схема макетного образца очистителя семян сои: 1 – приемный бункер; 2 – поддерживающая сетка; 3 – сужающие перегородки; 4 – секции пневматического канала; 5 – вентиляторы; 6 – фильтры; 7 – осадочные камеры; 8 – пылесборники; 9 – очищенные семена сои; 10 – легкая примесь; 11 – фураж сои; 12 – половинки сои; 13 – пыль

Fig. 2. Structural and layout diagram of a prototype soybean seed cleaner: 1 – receiving hopper; 2 – supporting mesh; 3 – narrowing partitions; 4 – sections of the pneumatic channel; 5 – fans; 6 – filters; 7 – sedimentary chambers; 8 – dust collectors; 9 – purified soybean seeds; 10 – light admixture; 11 – soybean fodder; 12 – soy halves; 13 – dust

Исходный материал подается в приемный бункер 1 и затем поступает на поддерживающую сетку 2 в секции пневматического канала 4 с сужающими перегородками 3. Под воздействием воздушных потоков, создаваемых вентиляторами 5, загрязненный воздушный поток очищается на фильтрах 6, оседает в пылесборниках 8 и выводится в фракцию «Пыль» 13. В осадочных камерах 7 происходит выделение легких примесей 10, фуража сои 11 и половинок сои 12. Очищенные семена 9, перемещаясь по поддерживающей сетке, выводятся из машины.

Исследование проводили при постоянной удельной зерновой нагрузке $2 \text{ кг}/(\text{см}^2 \cdot \text{ч})$, разном соотношении выходов в каждой секции канала фракции «Отход» и удельной зерновой нагрузке от 0,5 до $7 \text{ кг}/(\text{см}^2 \cdot \text{ч})$.

В исследованиях использовали зерновую смесь влажностью 12%, состоящую из семян сои чистотой 92,8%, легкой примеси – 0,8%, крупной примеси – 0,6%, битых вдоль семян – 2,6%, битых поперек семян – 1,9%, семян других культур – 0,5%, мелких и щуплых семян сои – 0,8%. Опыты проводились в трехкратной повторности при точности менее 5% и доверительной вероятности 0,9.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ. Для определения оптимальной толщины сужающих перегородок в пневматическом канале устанавливали в каждую секцию сужающие перегородки толщиной 20, 40, 50, 60, 70, 90 мм при постоянной удельной зерновой нагрузке $2 \text{ кг}/(\text{см}^2 \cdot \text{ч})$, но разном соотношении выхода: 1,5; 3; 5; 10; 15 и 20%. После того как определили оптимальную ширину сужающих перегородок, в пневмоканал устанавливали другие рабочие органы (пластины-барьеры) на высоте 50 мм над поддерживающей сеткой и по аналогии проводили измерения. В третьем варианте канал оставался свободным, без сужающих перегородок и пластин-барьеров.

Эффективность процесса сепарации оценивали показателем Г.В. Ньютона и В.Г. Ньютона [17]:

$$E = \varepsilon - \zeta,$$

где $\varepsilon = (b_d/b) \cdot 100$ – полнота выделения примеси, %;

$\zeta = (a_d/a) \cdot 100$ – потери семян сои, %;

b_d и b – масса примеси в фракции «Отход» и исходном материале, г;

a_d и a – масса семян сои в фракции «Отход» и исходном материале, г.

При толщине перегородок 70 мм достигаются максимальные полнота выделения примеси и эффективность процесса сепарации (рис. 3). В связи с этим дальнейшие опыты проводились при данной толщине сужения.

Для определения максимальной зерновой нагрузки проводили сравнительные исследования в глубоком пневмоканале с различными рабочими органами: сужающими перегородками толщиной в 70 мм, пластин-барьерами и в пустом канале (рис. 4).

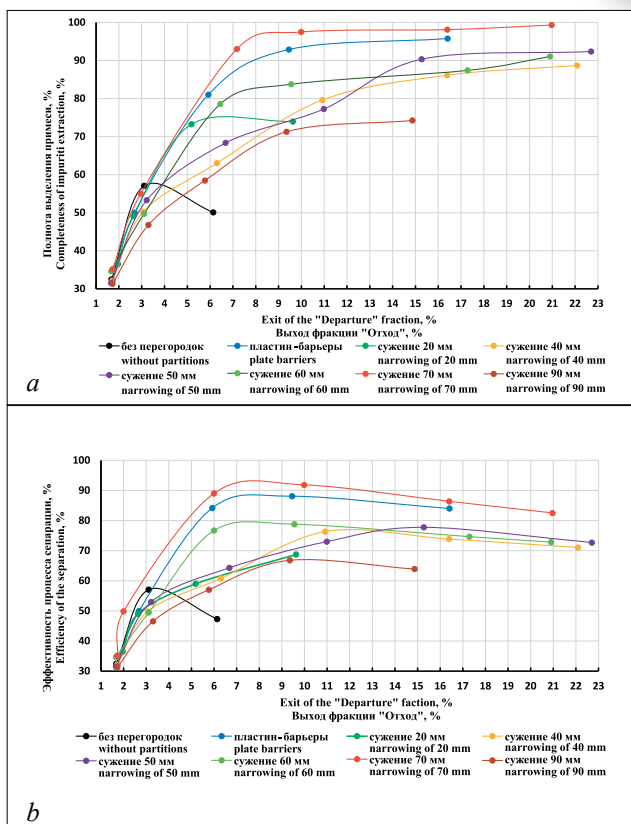


Рис. 3. Определение оптимальной толщины сужающих перегородок в пневматическом канале при постоянной удельной зерновой нагрузке по показателям полноты выделения примеси (а) и эффективности процесса сепарации (б)

Fig. 3. Identification of the optimal thickness of the narrowing partitions in an aspirating channel at a constant specific grain load according to the impurity extraction completeness (a) and the separation process efficiency (b)

Максимальная удельная зерновая нагрузка в канале с сужающими перегородками 70 мм составляет $5 \text{ кг}/(\text{см}^2 \cdot \text{ч})$. При этом потери семян не превышают 3%, полнота выделения примеси 74%, а эффективность процесса сепарации достигает 71% за один проход с чистой фракции «Семена» 81% на предварительной очистке.

При использовании пластин-барьеров при нагрузке $5 \text{ кг}/(\text{см}^2 \cdot \text{ч})$ происходит скопление материала (завал) у задней стенки канала и эффективность процесса снижается до 45%. Такой же эффект наблюдается в пустом канале уже при нагрузке $4 \text{ кг}/(\text{см}^2 \cdot \text{ч})$, а эффективность процесса снижается до 23%. Это свидетельствует о более высокой интенсивности процесса сепарации в канале с сужающими перегородками в сравнении с пластин-барьерами и пустым каналом.

По полученным результатам построены зависимости интенсивности процесса сепарации (α) от удельной зерновой нагрузки q , и для каждого канала получены уравнения этих зависимостей в линейном и логарифмическом виде (рис. 5).

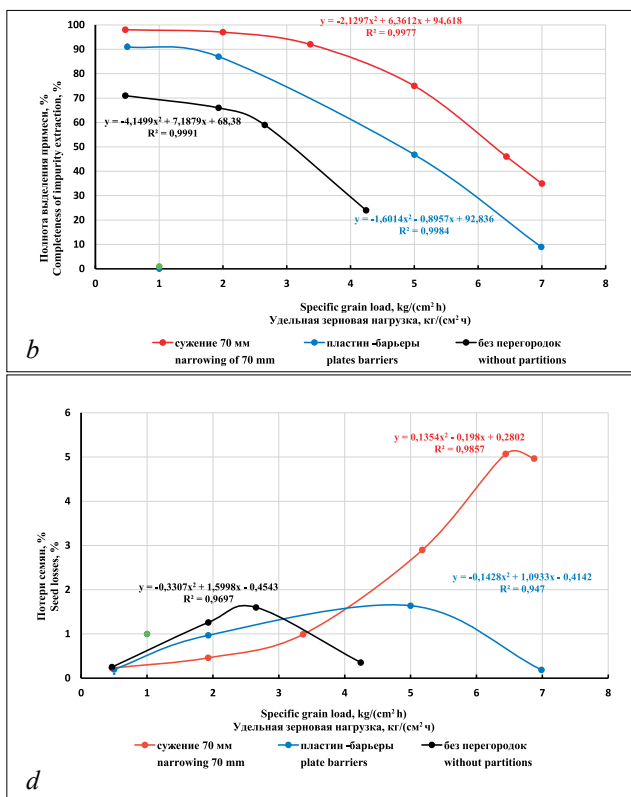
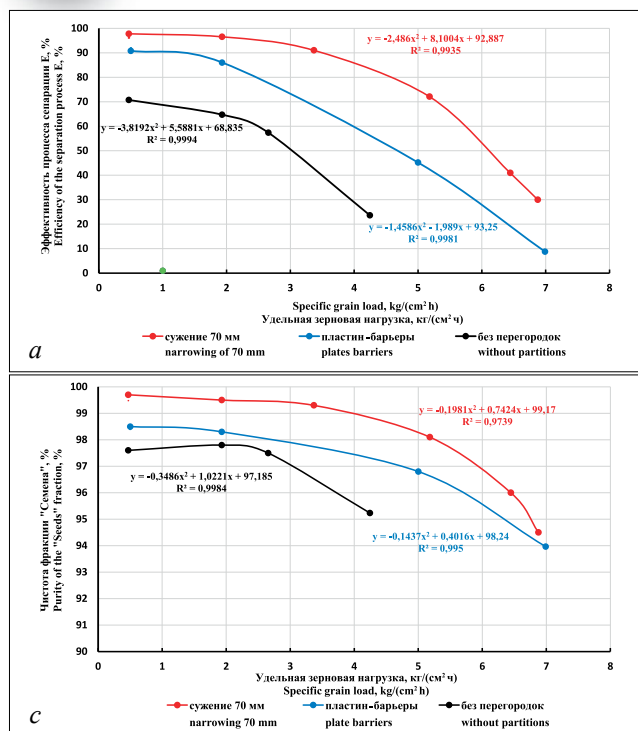


Рис. 4. Сравнительные исследования канала с сужающими перегородками, пластин-барьерами и пустым каналом при разной удельной зерновой нагрузке: а – эффективность процесса сепарации; б – полнота выделения примеси; с – чистота фракции «Семена»; д – потери семян

Fig. 4. Comparative examination of a channel with narrowing partitions, plate barriers and an empty channel at different specific grain loads: a – separation process efficiency; b – impurity extraction completeness; c – «Seed» fraction purity; d – seed losses

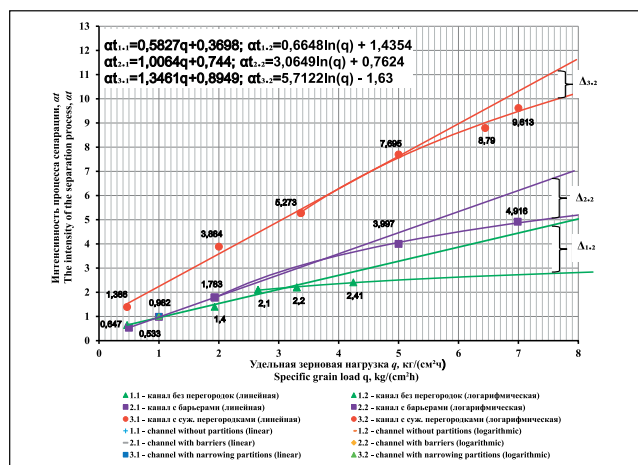


Рис. 5. Зависимость интенсивности процесса сепарации от удельной зерновой нагрузки

Fig. 5. Dependence between separation process intensity and specific grain load

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

- Измайлов А.Ю., Лобачевский Я.П. Развитие производства техники для селекции и семеноводства – одна из приоритетных задач сельскохозяйственного машино-

Установлено, что в пневмосепарирующих каналах при зерновой нагрузке от 0,5 до 2 $\text{кг}/(\text{см}^2 \cdot \text{ч})$ интенсивность процесса сепарации увеличивается линейно, при более 2 $\text{кг}/(\text{см}^2 \cdot \text{ч})$ – снижается. На графике (рис. 5) отклонение этого показателя описано логарифмической функцией при отклонении от линейной функции. Так, в канале с сужающими перегородками отклонение наблюдается при удельной зерновой нагрузке 5 $\text{кг}/(\text{см}^2 \cdot \text{ч})$, с пластин-барьерами при 4 $\text{кг}/(\text{см}^2 \cdot \text{ч})$, в пустом канале при 3,2 $\text{кг}/(\text{см}^2 \cdot \text{ч})$. Соответственно, чем меньше отклонение Δ , тем интенсивность процесса сепарации выше.

Выводы. Пневмосепарирующий канал с вертикально-восходящим воздушным потоком и установленными в нем сужающими перегородками шириной 70 мм способствует увеличению удельной зерновой нагрузки до 5 $\text{кг}/(\text{см}^2 \cdot \text{ч})$ в сравнении с традиционными пневмосепарирующими каналами при нагрузке до 2 $\text{кг}/(\text{см}^2 \cdot \text{ч})$ [18].

Использование сужающих перегородок 70 мм позволяет сократить потери семян сои до 3% (исходные требования не более 10% потерь) за один проход на предварительной очистке. Электропотребление снижается до 2,25 кВт·ч по сравнению с 4,5 кВт·ч при установке пластин-барьеров и пустым каналом.

строения. Состояние и развитие регионального сельхозмашиностроения. М.: Росинформагротех. 2010. С. 96-103.

2. Хамуев В.Г. Распределение скоростей воздушного потока в глубоком пневмосепарирующем канале // *Сельскохозяйственные машины и технологии*. 2015. N4. С. 12-15.
3. Хамуев В.Г., Герасименко С.А. Обоснование конструктивно-компоновочной схемы гравитационно-пневматического очистителя семян сои // *Сельскохозяйственные машины и технологии*. 2022. Т. 16. N3. С. 27-32.
4. Хамуев В.Г., Московский М.Н., Борзенко С.И., Герасименко С.А. Исследование распределения скоростей воздушного потока в модели аспирационного канала для высокозасоренной соевой продукции // *Электротехнологии и электрооборудование в АПК*. 2022. Т. 69. N2 (47). С. 86-90.
5. Щучка Р.В. Проблематика возделывания сои в условиях расширения посевных площадей Центрально-Черноземной зоны // *Заметки ученого*. 2022. N2. С. 123-127.
6. Иванов А.А., Алексеева С.Н., Чуворкина Т.Н., Кадыкова О.Ф. Развитие производства зернобобовых культур и сои – фактор динамичного развития аграрного сектора региона на примере Пензенской области // *Вестник Марийского государственного университета. Серия: Сельскохозяйственные науки. Экономические науки*. 2021. Т. 7. N3(27). С. 284-295.
7. Ткаченко М.А., Волкова А.С., Гненный Е.Ю., Вусик А.С. Динамика изменения посевных площадей в России некоторых технических культур // *Colloquium-journal*. 2021. N3-2(90). С. 50-52.
8. Синеговский М.О. Современное состояние производства сои в Амурской области // *Научно-технический бюллетень Всероссийского научно-исследовательского института масличных культур*. 2015. N3 (163). С. 86-90.
9. Зотиков В.И., Наумкина Т.С., Сидоренко В.С. Производство зернобобовых и крупяных культур в России: состояние, проблемы, перспективы // *Земледелие*. 2015. N4. С. 3-5.
10. 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. 50. N4 (2013)
11. Kroulík M., Hůla J., Rybka A., Honzík I. Pneumatic conveying characteristics of seeds in a vertical ascending airstream. *Res. Agr. Eng.* 6. 62(2016). 56-63.
12. Łukaszuk J., Molenda M., Horabik J. [et al.]. Airflow resistance of wheat bedding as influenced by the filling method. *Res. Agr. Eng.* 2008. N54(2). 50-57.
13. 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.
14. Drincha V.M., Tsench Yu.S. Fundamentals and prospects for the technologies development for post-harvest grain processing and seed preparation. *Agricultural Machinery and Technologies*. 2020. Vol. 14. N4. 17-25.
15. Измайлов А.Ю., Лобачевский Я.П., Бейлис В.М., Ценч Ю.С. Инновационная система машинно-технологического обеспечения предприятий агропромышленного комплекса. Часть 1. Инновационная система машинно-технологического обеспечения сельскохозяйственных предприятий на длительную перспективу. М.: ВИМ. 2019. 228 с.
16. Дринча В.М., Ценч Ю.С. Эволюция зерно-семяочистительной техники в России // *Сельскохозяйственные машины и технологии*. 2021. Т. 15. N1. С. 24-33.
17. Ньютон Г.В., Ньютон В.Г. Исследование эффективности классификации // *Труды Всесоюзного Дома ученых*. М: АН СССР. 1937. Вып. 2. С. 59-74.
18. Малис А.Я., Демидов А.Р. Машины для очистки зерна воздушным потоком. М.: Машгиз, 1962. 176 с.

REFERENCES

1. Izmaylov A.Yu., Lobachevskiy Ya.P. Razvitie proizvodstva tekhniki dlya selektsii i semenovodstva – odna iz prioritnykh zadach sel'skokhozyaystvennogo mashinostroeniya. [Advancing Agricultural Engineering: A Focus on Priority Task - Innovations in Breeding and Seed Production Equipment Development]. Sostoyanie i razvitie regional'nogo sel'khoz mashinostroeniya. Moscow. Rosinformagrotekh. 2010 (In Russian).
2. Khamuev V.G. Raspredelenie skorostey vozdushnogo potoka v glubokom pnevmosepariruyushchem kanale [Distribution of an air stream in the deep aspirating channel]. *Sel'skokhozyaystvennyye mashiny i tekhnologii*. 2015. N4. 12-15 (In Russian).
3. Khamuev V.G., Gerasimenko S.A. Obosnovanie konstruktivno-komponovochnoy skhemy gravitacionno-pnevmaticheskogo ochistitelya semyan soi [Substantiation of the main parameters of a gravity column when cleaning soybean seeds]. *Sel'skokhozyaystvennyye mashiny i tekhnologii*. 2022. Vol. 16. N3. 27-32 (In Russian).
4. Khamuev V.G., Moskovskiy M.N., Borzenko S.I., Gerasimenko S.A. Issledovanie raspredeleniya skorostey vozdushnogo potoka v modeli aspiratsionnogo kanala dlya vysokozasorennoy soevoy produktsii [The spreading of air flow velocities in the aspiration channel model for highly clogged soy products]. *Elektrotekhnologii i elektrooborudovanie v APK*. 2022. Vol. 69. N2(47). 86-90 (In Russian).
5. Shchuchka R.V. Problematika vozdeleyvaniya soi v usloviyakh rasshireniya posevnykh ploshchadey Central'no-Chernozemnoy zony [Soybean cultivation problems under the expansion of cropland areas in the Central Chernozem zone]. *Zametki uchenogo*. 2022. N2. 123-127 (In Russian).
6. Ivanov A.A., Alekseeva S.N., Chuvorkina T.N., Kadykova O.F. Razvitie proizvodstva zernobobovykh kul'tur i soi – faktor dinamichnogo razvitiya agrarnogo sektora regiona na primere Penzenskoy oblasti [Enhancing agricultural sector dynamics through leguminous crop and soybean production development: a case study of the Penza region]. *Vestnik Mariyskogo gosudarstvennogo universiteta. Seriya: Sel'skokhozyaystvennyye nauki. Ekonomicheskie nauki*. 2021. Vol. 7. N3(27). 284-295 (In Russian).

7. Tkachenko M.A., Volkova A.S., Gnenny E.Yu., Vusik A.S. Dinamika izmeneniya posevnykh ploshchadey v Rossii nekotorykh tekhnicheskikh kul'tur [Dynamics of crop areas in Russia of some technical crops]. *Colloquium-journal*. 2021. N3-2(90). 50-52 (In Russian).
8. Sinegovsky M.O. Sovremennoe sostoyanie proizvodstva soi v Amurskoy oblasti [A modern state of soybean production in Amur region]. *Nauchno-tekhnicheskiy byulleten' Vsesoyuznogo nauchno-issledovatel'skogo instituta maslichnykh kul'tur*. 2015. N3(163). 86-90 (In Russian).
9. Zotikov V.I., Naumkina T.S., Sidorenko V.S. Proizvodstvo zernobobovykh i krupyanykh kul'tur v Rossii: sostoyanie, problemy, perspektivy [Legumes and groat crops production in Russia: state, problems, perspectives]. *Zemledelie*. 2015. N4. 3-5 (In Russian).
10. 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. 50. N4. (In English).
11. Kroulík M., Hůla J., Rybka A., Honzík I. Pneumatic conveying characteristics of seeds in a vertical ascending airstream. *Research in Agricultural Engineering*. 6. 62(2016). 56-63 (In English).
12. Łukaszuk J., Molenda M., Horabik J., et al. Airflow resistance of wheat bedding as influenced by the filling method. *Research in Agricultural Engineering*. 2008. 54(2). 50-57 (In English).
13. Elizarov V.P., Antyshev N.M., Beylis V.M., Shevtsov V.G. Iskhodnye trebovaniya na tekhnologicheskie operatsii v rasteniyevodstve [Initial requirements for technological operations in crop production]. *Sel'skokhozyaystvennyye mashiny i tekhnologii*. 2011. N1. 11-14 (In Russian).
14. Drincha V.M., Tsench Yu.S. Fundamentals and prospects for the technologies development for post-harvest grain processing and seed preparation. *Agricultural Machinery and Technologies*. 2020. Vol. 14. N4. 17-25 (In English).
15. Izmaylov A.Yu., Lobachevskiy Ya.P., Beylis V.M., Tsench Yu.S. Innovatsionnaya sistema mashinno-tekhnologicheskogo obespecheniya predpriyatiy agropromyshlennogo kompleksa [Innovative system of machine and technological support of agroindustrial enterprises]. Part. 1. Innovatsionnaya sistema mashinno-tekhnologicheskogo obespecheniya sel'skokhozyaystvennykh predpriyatiy na dlitel'nyuyu perspektivu. Moscow: 2019. 228 (In Russian).
16. Drincha V.M., Tsench Yu.S. Evolyutsiya zerno- i semyaochistitel'noy tekhniki v Rossii [Evolution of grain and seed cleaning equipment in Russia]. *Sel'skokhozyaystvennyye mashiny i tekhnologii*. 2021. Vol. 15. N1. 24-33 (In Russian).
17. Newton G.V., Newton V.G. Issledovanie effektivnosti klassifikatsii [Investigation of classification efficiency]. *Trudy Vsesoyuznogo Doma uchenykh*. Moscow. AS USSR. 1937. N2. 59-74 (In Russian).
18. Malis A.Ya., Demidov A.R. Mashiny dlya ochistki zerna vozdukhnyim potokom [Machines for cleaning grain by air flow]. Moscow. Mashgiz. 1962. 176 (In Russian).

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.

Авторы прочитали и одобрили окончательный вариант рукописи.

Coauthors' contribution:

Khamuev V.G. – scientific supervision, conducting the experiment, formulation of general conclusions, synthesis of literature data, final revision of the manuscript;

Gerasimenko S.A. – conducting the experiment, processing of experimental data, drafting the initial version of the manuscript, literature review, manuscript refinement

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

07.07.2023
31.08.2023