

СРАВНИТЕЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ ПНЕВМОСЕПАРИРУЮЩИХ КАНАЛОВ ФРАКЦИОННОГО ПНЕВМОСЕПАРАТОРА СЕМЯН

**Александр Иванович Бурков
Андрей Леонидович Глушков
Виктор Алексеевич Лазыкин**

Федеральный аграрный научный центр Северо-Востока имени Н.В. Рудницкого

Представлены результаты экспериментальных исследований эффективности функционирования двух вариантов пневмосепарирующих каналов фракционного пневмосепаратора, предназначенного для вторичной и окончательной очистки зерновых и зернобобовых культур, семян злаковых и бобовых трав от трудноотделимых примесей, отличающихся по аэродинамическим свойствам. опыты проводили в трехкратной повторности по общепринятым методикам на лабораторной установке фракционного пневмосепаратора при очистке семян яровой пшеницы от легких примесей при номинальной подаче зернового материала в ПСК $1,74 \pm 0,1$ кг/(с·м) (2,0 т/ч) и одинаковых потерях полноценного зерна в отходы $5,7 \pm 0,2\%$. В экспериментах использовали искусственно приготовленную зерновую смесь влажностью 14%, состоящую из семян яровой пшеницы сорта Иргина (95%) и легких примесей (5%), в качестве которых была взята фракция мелкого зерна овса (проход через решето с продолговатыми отверстиями шириной 1,7 мм). Эффективность очистки при использовании базового пневмосепарирующего канала составила 61,4%, удельный расход энергии на процесс пневмосепарации – 0,139 кВт·ч/т, при использовании комбинированного пневмосепарирующего канала – соответственно 79,3% (величина зазора между нижней кромкой сплошной разделительной перегородки и опорной сеткой 0,065 м) и 0,064 кВт·ч/т. Таким образом, в результате проведенных исследований эффективности функционирования двух вариантов пневмосепарирующего канала фракционного пневмосепаратора семян установлено, что применение комбинированного пневмосепарирующего канала позволяет повысить эффект очистки от легких примесей на 17,9% и снизить удельный расход энергии на процесс пневмосепарации на 0,075 кВт·ч/т по сравнению с базовым каналом при одинаковых значениях потерь полноценного зерна в отходы.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: зерно, вторичная очистка, пневмосепаратор, пневмосепарирующий канал (ПСК), эффект очистки от легких примесей, потери полноценного зерна в отходы, удельный расход энергии.

COMPARATIVE STUDIES OF THE EFFICIENCY OF FUNCTIONING OF ASPIRATING CHANNELS OF SEED FRACTIONAL PNEUMATIC SEPARATOR

**Alexandr I. Burkov
Andrey L. Glushkov
Viktor A. Lazykin**

Federal Agricultural Research Center of the North-East named N.V. Rudnitsky

The results of experimental studies of the efficiency of functioning of two versions of aspirating channels of fractional pneumatic separator designed for secondary and final purification of grain of grain crops and leguminous crops, as well as of cereal seeds and legume grasses from hard-separable impurities. The versions of aspiration channels of fractional pneumatic separator are based on the difference in aerodynamic properties of seeds. The experiments were carried out in three replications according to conventional techniques on a laboratory setup of a fractional pneumatic separator during spring wheat seeds purification from light impurities at a nominal feed of grain material into the aspirating channel of 1.74 ± 0.1 kg/(s m) (2.0 t/h) and equal losses of full-value grain into bypass of $5.7 \pm 0.2\%$. In the experiments, the authors artificially prepared grain mixture with a moisture content of 14%. Grain mixture consisted of the Irgina variety spring wheat seeds (95%) and light impurities (5%). The last-named constituent was represented by a fraction of small grain of oats. Specifically, light impurities were screening through the oblong sieve holes, the size of the width was 1.7 mm. The effectiveness of separation by standard aspirating channel was 61.4% with the specific energy consumption of the process of 0.139 kW h/t, whereas the values of the process of separation by the combined

aspirating channel were 79.3% (gap width between the bottom edge of the solid air-gap segregating baffle board and the support grid is 0.065 m) and 0.064 kW h/t, respectively. The results of comparative studies of the efficiency of functioning of the two versions of aspirating channels of fractional pneumatic seed separator show that the developed designation of combined aspirating channel allows improving the effect of separation from light impurities by 17.9% and reducing specific energy consumption of the process of separation by 0.075 kW h/t as compared to standard aspirating channel given equal losses of full grain into bypass.

KEYWORDS: grain, secondary purification, pneumatic separator, aspirating channel (AC), effect of purification from light impurities, losses of full-value grain into bypass, specific energy consumption.

Введение

Ворох зерновых культур, поступающий с поля от комбайнов на пункты после уборочной обработки, представляет собой смесь полноценного, мелкого, щуплого и поврежденного зерна основной культуры, семян различных культурных и сорных растений, а также примесей органического и минерального происхождения. Зерновой ворох необходимо как можно быстрее очистить от посторонних примесей, так как даже кратковременная задержка с очисткой вороха снижает качество зерна и увеличивает в последующем объем необходимых работ. Способы очистки и соответствующие сепарирующие органы машин подбирают с учетом физико-механических свойств семян, сорных растений и примесей [15, 16]. На конечной стадии очистки семян для удаления трудноотделимых примесей часто используют различные по конструкции пневмосепараторы [1, 2, 3, 5, 6, 8, 10, 11, 14].

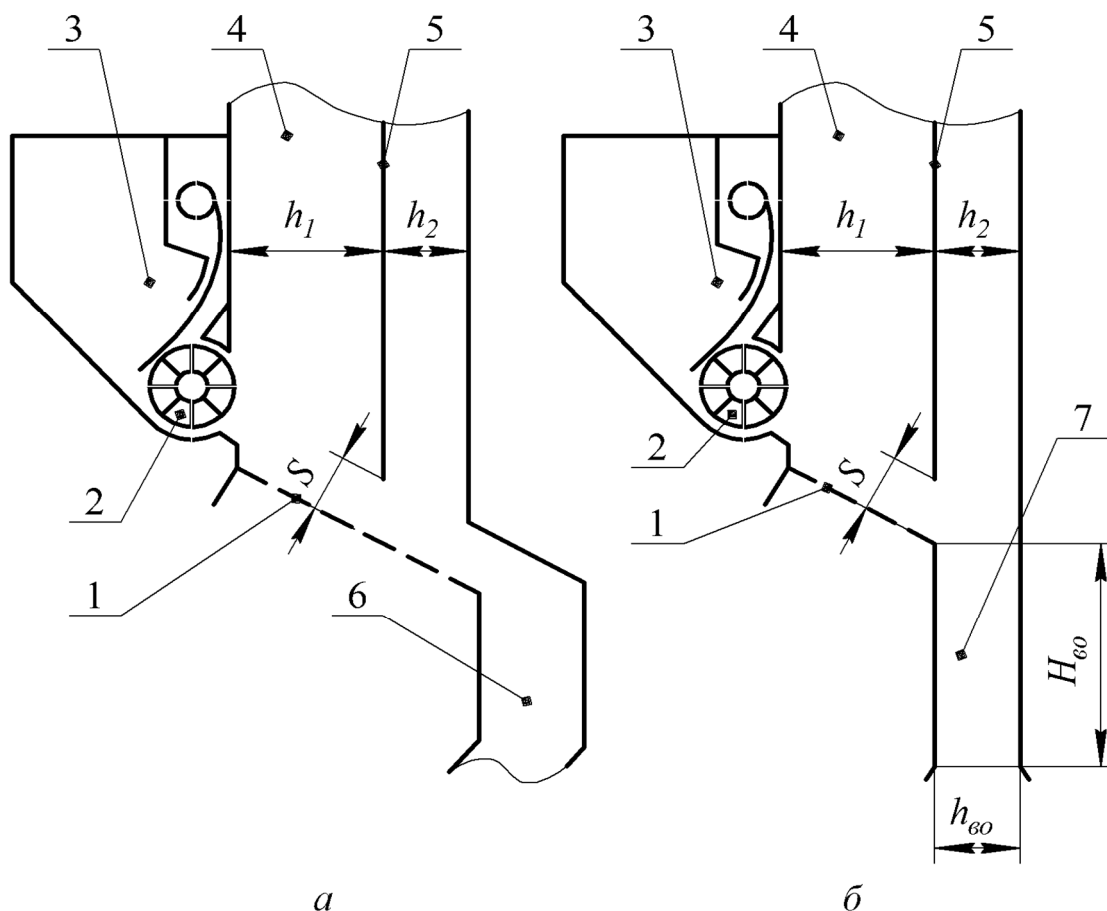


Рис. 1. Схемы пневмосепарирующих каналов фракционного пневмосепаратора семян:
 а – базовый ПСК фракционного пневмосепаратора семян СП-2Ф (с опорной сеткой в обеих частях канала); б – комбинированный ПСК с опорной сеткой в первой части канала; 1 – опорная сетка; 2 – устройство ввода; 3 – приемный бункер; 4 – пневмосепарирующий канал; 5 – сплошная разделительная перегородка; 6 – устройство вывода тяжелой фракции материала; 7 – всасывающий канал

В ФГБНУ ФАНЦ Северо-Востока разработан фракционный пневмосепаратор СП-2Ф, предназначенный для вторичной и окончательной очистки зерна и семян различных сельскохозяйственных культур [4]. Он содержит раму, диаметральный вентилятор, вертикальный пневмосепарирующий канал (ПСК) с опорной сеткой, разделительную и осадочную камеры, инерционный жалюзийно-противоточный пылеуловитель, устройства ввода очищаемого материала, вывода его фракций, регулирования подачи материала и скорости воздушного потока, механизмы привода рабочих органов.

Пневмосепарирующий канал 4 (рис. 1, а) фракционного пневмосепаратора семян СП-2Ф разделен по глубине сплошной перегородкой 5 на две части, а устройство ввода 2 материала расположено на его наружной стороне, что позволяет выделять легкую фракцию в первой части канала и вводить ее в верхние слои воздушного потока разделительной камеры (на рисунке не показана). Во второй части ПСК отсортировываются оставшиеся легкие примеси и более тяжелые частицы (в том числе мелкие, щуплые, дробленые семена основной культуры), которые вводятся в разделительную камеру ниже первого потока. В результате повышается четкость сепарации легких компонентов.

Недостатками сепаратора СП-2Ф являются повышенный расход энергии на процесс сепарации и невысокая эффективность функционирования второй части канала при обработке семенного материала с высокими скоростями витания компонентов. Повышенный расход энергии возникает из-за большого гидравлического сопротивления плотного слоя очищаемого материала и опорной сетки, расположенной в обеих частях ПСК. Недостаточная эффективность функционирования второй части ПСК обусловлена отсутствием возможности устанавливать оптимальные скорости воздушного потока в обеих частях канала одной дроссельной заслонкой, а также малой скважностью зернового потока.

С целью устранения отмеченных недостатков предложено применить комбинированный пневмосепарирующий канал (рис. 1, б), первая часть которого, как и у сепаратора СП-2Ф, снабжена опорной сеткой 1, а вторая часть ее не имеет. Всасывающий канал 7 второй части ПСК сообщен с атмосферой и расположен ниже плоскости опорной сетки 1.

Цель исследований – определить и сравнить показатели рабочего процесса базового и комбинированного пневмосепарирующих каналов фракционного пневмосепаратора семян.

Методика эксперимента

Сравнительные исследования эффективности функционирования базового и комбинированного пневмосепарирующих каналов проводили по общепринятым методикам на экспериментальной установке фракционного пневмосепаратора семян, имеющей ширину проточной части 0,32 м и натуральные размеры в продольно-вертикальной плоскости [3, 7, 9, 12, 13].

Для проведения экспериментов использовали искусственно приготовленную в количестве 15 кг зерновую смесь влажностью 14%, состоящую из семян яровой пшеницы сорта Иргина (95%) и легких примесей (5%), в качестве которых была взята фракция мелкого зерна овса. Подготовку легких примесей и выделение их из фракций выполняли на решетке с продолговатыми прямоугольными отверстиями шириной 1,7 мм.

Вариационные кривые по скорости витания семян пшеницы и мелкого зерна овса, изображенные на рисунке 2, показывают, что при потерях полноценного зерна в отходы порядка 10% можно выделить до 75...80% легких примесей.

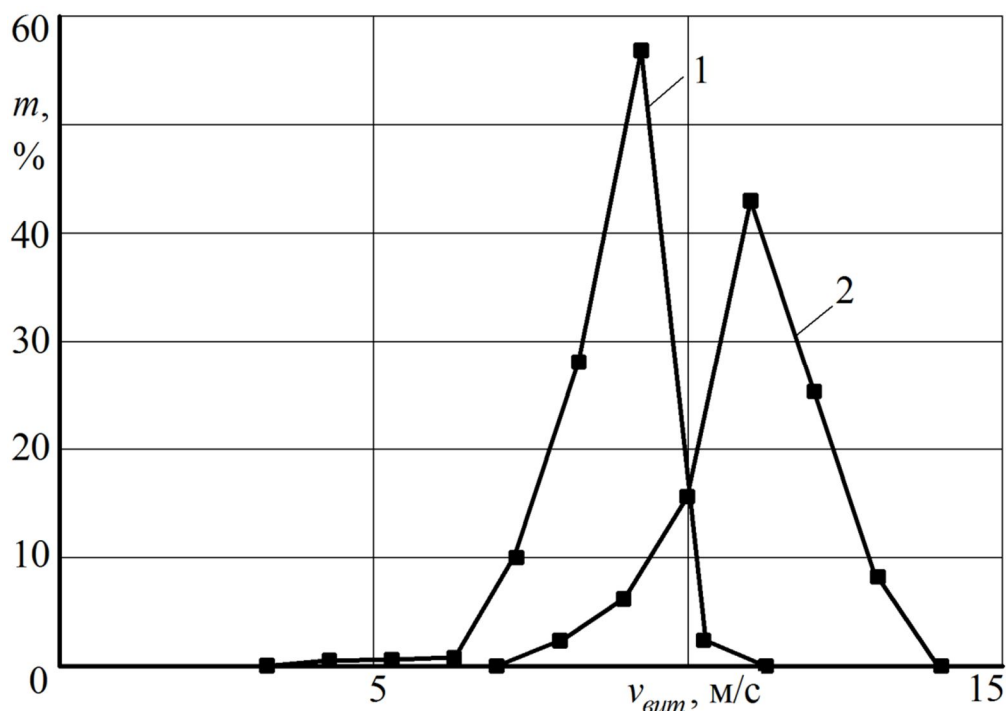


Рис. 2. Вариационные кривые распределения компонентов зерновой смеси по скорости витания v_{eum} : 1 – мелкий овес; 2 – пшеница

Опыты проводили в трехкратной повторности при номинальной подаче зернового материала в ПСК $1,74 \pm 0,1$ кг/(с·м) (2,0 т/ч) и одинаковых потерях полноценного зерна в отходы $5,7 \pm 0,2\%$.

Результаты и их обсуждение

Эффективность функционирования базового ПСК фракционного пневмосепаратора семян СП-2Ф (рис. 1, а) определяли при следующих постоянных конструктивных параметрах:

- глубина первой части канала $h_1 = 0,21$ м;
- глубина второй части канала $h_2 = 0,09$ м;
- зазор между нижней кромкой сплошной разделительной перегородки и опорной сеткой $S = 0,10$ м.

Результаты исследования показали, что эффективность очистки от легких примесей при использовании фракционного пневмосепаратора семян с базовым ПСК (с опорной сеткой в обеих частях канала) составляет 61,4% при удельном расходе энергии на процесс пневмосепарации 0,139 кВт·ч/т.

При определении эффективности функционирования фракционного пневмосепаратора семян с комбинированным ПСК (рис. 2, б) анализировали влияние зазора S между нижней кромкой сплошной разделительной перегородки и опорной сеткой на показатели рабочего процесса.

Эксперименты проводили при следующих постоянных конструктивных параметрах ПСК:

- глубина первой части канала $h_1 = 0,21$ м;
- глубина второй части канала $h_2 = 0,09$ м;
- глубина всасывающего канала $h_{eo} = h_2 = 0,09$ м;
- высота всасывающего канала $H_{eo} = 0,27$ м.

Результаты исследований представлены на рисунке 3.

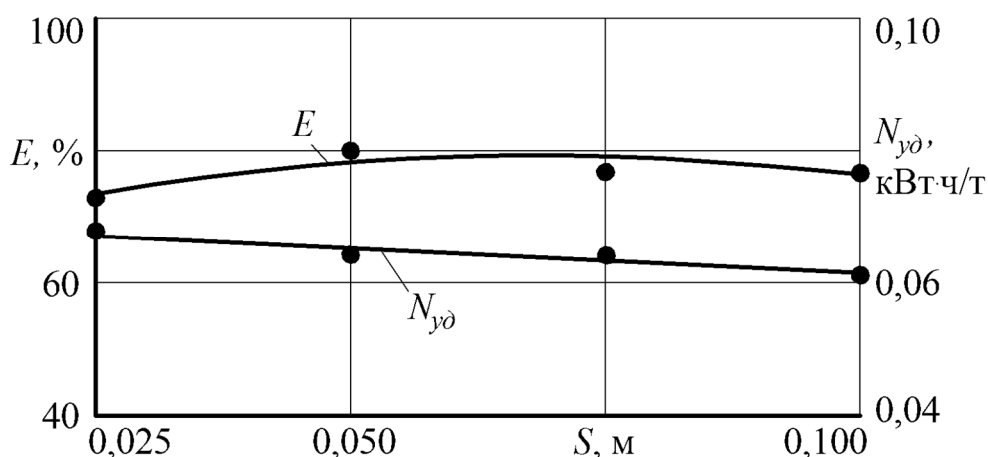


Рис. 3. Зависимости показателей рабочего процесса комбинированного ПСК от зазора S между нижней кромкой сплошной разделительной перегородки и опорной сеткой

Анализ полученных зависимостей показывает, что увеличение зазора S между нижней кромкой сплошной разделительной перегородки и опорной сеткой от 0,025 до 0,065 м приводит к росту эффекта E очистки от легких примесей на 5,8% (от 73,5 до 79,3%). Дальнейшее увеличение S до 0,100 м ведет к снижению E на 2,9% (от 79,3 до 76,4%). Низкое значение эффекта E очистки от легких примесей при $S = 0,025$ м объясняется тем, что при данном значении зазора S наблюдается небольшое сгуживание материала на опорной сетке перед разделительной перегородкой, что приводит к снижению выделения легких примесей в первой части ПСК. Кроме того, материал вводится во вторую часть ПСК более плотным потоком, что также не способствует эффективному выделению оставшихся легких примесей. При увеличении зазора S до 0,065 м сгуживания материала на опорной сетке перед разделительной перегородкой не наблюдается, увеличивается угол раскрытия потока материала, вводимого во вторую часть ПСК, что, в свою очередь, приводит к уменьшению его плотности и способствует улучшению условий сепарации. При дальнейшем увеличении зазора S между нижней кромкой сплошной разделительной перегородки и опорной сеткой до 0,100 м возрастает вынос полноценного зерна через вторую часть ПСК в разделительную камеру. Поэтому для поддержания потерь полноценного зерна в отходы на одном уровне скорость воздушного потока в ПСК уменьшали, что и привело к незначительному снижению эффекта E очистки от легких примесей.

Удельный расход энергии $N_{уд}$ на процесс пневмосепарации при увеличении зазора S между нижней кромкой сплошной разделительной перегородки и опорной сеткой от 0,025 до 0,100 м снижается на 0,008 кВт·ч/т (от 0,067 до 0,061 кВт·ч/т).

Таким образом, проведенные исследования эффективности функционирования комбинированного ПСК фракционного пневмосепаратора семян показали, что максимальный эффект очистки от легких примесей $E = 79,3\%$ достигается при зазоре между нижней кромкой сплошной разделительной перегородки и опорной сеткой $S = 0,065$ м, при этом удельный расход энергии $N_{уд}$ на процесс пневмосепарации при увеличении зазора S незначительно снижается.

Выводы

В результате проведенных сравнительных исследований функционирования двух вариантов пневмосепарирующего канала фракционного пневмосепаратора семян установлено, что применение комбинированного ПСК позволяет повысить эффективность очистки от легких примесей на 17,9% и снизить удельный расход энергии на процесс пневмосепарации на 0,075 кВт·ч/т по сравнению с базовым ПСК при одинаковых значениях потерь полноценного зерна в отходы $5,7 \pm 0,2\%$ и удельной подаче зернового материала $1,74 \pm 0,1$ кг/(с·м).

Библиографический список

1. Анискин В.И. Классификация пневмосепараторов зерновых материалов / В.И. Анискин, В.М. Дринча // Достижения науки и техники АПК. – 1993. – № 4. – С. 22–23.
2. Ахламов Ю.Д. Пневматический сепаратор для очистки семян бобовых и злаковых трав / Ю.Д. Ахламов, С.А. Отрошко, А.В. Шевцов // Кормопроизводство. – 2011. – № 10. – С. 45–46.
3. Бурков А.И. Разработка и совершенствование пневмосистем зерноочистительных машин / А.И. Бурков. – Киров : ФГБНУ «НИИСХ Северо-Востока», 2016. – 380 с.
4. Бурков А.И. Фракционный пневматический сепаратор семян СП-2Ф / А.И. Бурков, В.А. Лазыкин // Сельский механизатор. – 2016. – № 3. – С. 4–7.
5. Влияние конструкции канала второй аспирации на показатели работы машины ОЗФ-80 / А.П. Тарасенко, В.И. Оробинский, А.М. Гиевский, А.А. Сундеев, Н.Н. Николенко // Механизация и электрификация сельского хозяйства. – 2008. – № 10. – С. 7–9.
6. Галкин В.Д. Вибропневмосепаратор семян с усовершенствованной декой / В.Д. Галкин, К.А. Грубобов // Тракторы и сельхозмашины. – 2011. – № 4. – С. 12–13.
7. Дринча В.М. Исследование сепарации семян и разработка машинных технологий их подготовки / В.М. Дринча. – Воронеж : НПО «Модэк», 2006. – 382 с.
8. Жолобов Н.В. Ресурсосберегающий пневмосепаратор / Н.В. Жолобов, Б.Ю. Блинов, К.В. Маишев // Сельский механизатор. – 2013. – № 6. – С. 12–15.
9. Завалишин Ф.С. Методы исследований по механизации сельскохозяйственного производства / Ф.С. Завалишин, М.Г. Мацнев. – Москва : Колос, 1982. – 231 с.
10. Инновации в послеуборочной обработке зерна и семян / Ю.В. Еров, Э.Г. Нуруллин, Х.З. Каримов, Д.З. Салахиев. – Казань : Слово, 2009. – 104 с.
11. Конышев Н.Л. Разработка и совершенствование технологических линий и технических средств послеуборочной обработки зерна и семян трав / Н.Л. Конышев ; под общ. ред. Н.Л. Конышева. – Киров : ФГБНУ «ФАНЦ Северо-Востока», 2018. – 348 с.
12. Кошурников А.Ф. Основы научных исследований : учеб. пособие / А.Ф. Кошурников. – Пермь : ИПЦ «Прокрость», 2014. – 317 с.
13. Пономарев А.Б. Методология научных исследований : учеб. пособие / А.Б. Пономарев, Э.А. Пикулева. – Пермь : Изд-во Перм. нац. исслед. политехн. ун-та, 2014. – 186 с.
14. Разработка и совершенствование малогабаритных пневмосепараторов с замкнутым циклом воздушного потока : монография / В.Е. Саитов, В.Г. Фарафонов, А.Н. Суворов, Д.В. Григорьев. – Киров : ФГБОУ ВПО Вятская ГСХА, 2012. – 209 с.
15. Aldoshin N. Harvesting *Lupinus albus* axial rotary combine harvesters / N. Aldoshin, O. Didmanidze // Research in Agricultural Engineering. – 2018. – Vol. 64, No. 4. – Pp. 209–214.
16. Work improvement of air-and-screen cleaner of combine harvester / N. Aldoshin, O. Didmanidze, N. Lylin, M. Mosyakov // Engineering for Rural Development : Proceedings of 18th International Scientific Conference (Latvia University of Life Sciences and Technologies, Faculty of Engineering, Jelgava, May 22-24, 2019). – 2019. – Vol. 18. – Pp. 100–104. DOI: 10.22616/ERDev2019.18.N110.

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ Принадлежность к организации

Александр Иванович Бурков – доктор технических наук, профессор, зав. лабораторией зерно- и семяочистительных машин ФГБНУ «Федеральный аграрный научный центр Северо-Востока имени Н.В. Рудницкого», Россия, г. Киров, e-mail: burkov.46@mail.ru.

Андрей Леонидович Глушков – кандидат технических наук, старший научный сотрудник лаборатории зерно- и семяочистительных машин ФГБНУ «Федеральный аграрный научный центр Северо-Востока имени Н.В. Рудницкого», Россия, г. Киров, e-mail: glandrey@yandex.ru.

Виктор Алексеевич Лазыкин – кандидат технических наук, научный сотрудник лаборатории зерно- и семяочистительных машин ФГБНУ «Федеральный аграрный научный центр Северо-Востока имени Н.В. Рудницкого», Россия, г. Киров, e-mail: ellestar@bk.ru.

Дата поступления в редакцию 23.08.2019

Дата принятия к печати 28.09.2019

AUTHOR CREDENTIALS Affiliations

Alexandr I. Burkov, Doctor of Engineering Sciences, Professor, Head of the Laboratory of Grain and Seed Cleaning Machines, Federal Agricultural Research Center of the North-East named N.V. Rudnitsky, Russia, Kirov, e-mail: burkov.46@mail.ru.

Andrey L. Glushkov, Candidate of Engineering Sciences, Senior Researcher, Laboratory of Grain and Seed Cleaning Machines, Federal Agricultural Research Center of the North-East named N.V. Rudnitsky, Russia, Kirov, e-mail: glandrey@yandex.ru.

Viktor A. Lazykin, Candidate of Engineering Sciences, Researcher, Laboratory of Grain and Seed Cleaning Machines, Federal Agricultural Research Center of the North-East named N.V. Rudnitsky, Russia, Kirov, e-mail: ellestar@bk.ru.

Received August 23, 2019

Accepted September 28, 2019