

ОРИГИНАЛЬНАЯ СТАТЬЯ

УДК 631.362.36

<https://doi.org/10.26897/2687-1149-2026-3-42-49>

Агротехническая оценка второй аспирации универсальной зерноочистительной машины

А.Л. Глушков¹, А.И. Бурков², В.А. Лазыкин³, В.Ю. Мокиев⁴^{1,2,3,4}Федеральный аграрный научный центр Северо-Востока имени Н.В. Рудницкого; г. Киров, Россия¹glandrey@yandex.ru; <https://orcid.org/0000-0002-1448-9930>²burkov.46@mail.ru; <https://orcid.org/0000-0002-5287-1532>³ellestar@bk.ru; <https://orcid.org/0000-0002-3910-8620>⁴dizel154@bk.ru; <https://orcid.org/0000-0002-3368-1151>

Аннотация. В результате модернизации зерноочистительной машины МПО-30Р «Велес» в отводе ее пневмосепарирующего канала установлена расширительная камера, после чего сепаратор стал работать в режимах предварительной, первичной и вторичной очистки зерна с выделением фуражной фракции во второй аспирации. Изготовлен опытный образец модернизированной зерноочистительной машины. Исследования проведены с целью оценки процесса функционирования второй аспирации универсальной зерноочистительной машины МПО-30Р-01 «Велес» в производственных условиях. Сепаратор МПО-30Р-01 «Велес» установили в технологическую линию (производительность в семенном режиме работы – до 10 т/ч) зерноочистительно-сушильного комплекса в качестве машины предварительной очистки зерна. Агротехническая оценка второй аспирации проводилась на предварительной очистке ячменя влажностью 18,5% при подаче 6,0 т/ч. Исходным материалом являлся зерновой ворох, прошедший начальную очистку от легких примесей в пневмосепарирующем канале первой аспирации машины МПО-30Р-01 «Велес», от крупных и мелких примесей на соответствующих решетках. Установлено, что применение машины МПО-30Р-01 «Велес» с расширительной камерой в режиме предварительной очистки ячменя обеспечивает эффект осаждения фуражного зерна в расширительной камере 97,3%. В пневмосепарирующем канале второй аспирации эффект выделения легких примесей составил 61,7%, а фуражного зерна – 18,1%, соответственно потери в отходы полноценного зерна 0,002% и фуражного зерна 0,429%. Выделенная фуражная фракция, содержащая 78,30% фуражного и 13,23% полноценного зерна, может использоваться при приготовлении кормов животным. Модернизированная машина МПО-30Р-01 «Велес» рекомендуется для применения на пунктах послеуборочной обработки зерна в качестве универсальной зерноочистительной машины.

Ключевые слова: зерно; зерноочистительная машина; сепаратор; оценка второй аспирации; пневмосепарирующий канал; расширительная камера; эффект осаждения фуражного зерна; легкие примеси; потери

Для цитирования: Глушков А.Л., Бурков А.И., Лазыкин В.А., Мокиев В.Ю. Агротехническая оценка второй аспирации универсальной зерноочистительной машины // Агроинженерия. 2026. Т. 28, № 3. С. 42-49. <https://doi.org/10.26897/2687-1149-2026-3-42-49>

ORIGINAL ARTICLE

Agrotechnical evaluation of the second aspiration of a universal grain cleaning machine

A.L. Glushkov¹, A.I. Burkov², V.A. Lazykin³, V.Yu. Mokiev⁴^{1,2,3,4}Federal Agricultural Research Center of the North-East named N.V. Rudnitsky; Kirov, Russia¹glandrey@yandex.ru; <https://orcid.org/0000-0002-1448-9930>²burkov.46@mail.ru; <https://orcid.org/0000-0002-5287-1532>³ellestar@bk.ru; <https://orcid.org/0000-0002-3910-8620>⁴dizel154@bk.ru; <https://orcid.org/0000-0002-3368-1151>

Abstract. Following the modernization of the MPO-30R “Veles” grain cleaning machine, an expansion chamber was installed at the outlet of its pneumatic separation channel. As a result, the separator began operating in pre-cleaning, primary cleaning, and secondary cleaning modes, with the separation of the feed grain fraction occurring in the second aspiration system. A prototype of the upgraded machine was subsequently manufactured. This study aimed to evaluate

the operational performance of the second aspiration system of the universal MPO-30R-01 “Veles” grain cleaning machine under real production conditions. The separator was installed as a pre-cleaning unit in the processing line of a grain cleaning and drying complex, with a seed-mode throughput capacity of up to 10 t/h. Agrotechnical evaluation of the second aspiration system was conducted during pre-cleaning of barley with a moisture content of 18.5% at a feed rate of 6.0 t/h. The initial material consisted of grain heap that had already undergone initial separation of light impurities in the pneumatic separation channel of the first aspiration system, as well as the removal of coarse and fine impurities on the corresponding screens. The results showed that when the MPO-30R-01 “Veles” machine with an expansion chamber was used in barley pre-cleaning mode, the feed grain sedimentation effect in the expansion chamber reached 97.3%. In the pneumatic separation channel of the second aspiration system, the light impurity separation effect was 61.7%, while the feed grain separation effect was 18.1%. Correspondingly, losses of sound grain to waste amounted to 0.002%, and losses of feed grain to waste amounted to 0.429%. The separated feed fraction, containing 78.30% feed grain and 13.23% sound grain, is suitable for use in animal feed preparation. The upgraded MPO-30R-01 “Veles” machine is recommended for use at post-harvest grain processing facilities as a universal grain cleaning unit.

Keywords: grain; grain cleaning machine; separator; evaluation of the second aspiration system; pneumatic separation channel; expansion chamber; feed grain sedimentation effect; light impurities; losses

For citation: Glushkov A.L., Burkov A.I., Lazykin V.A., Mokiev V.Yu. Agrotechnical evaluation of the second aspiration of a universal grain cleaning machine. *Agricultural Engineering (Moscow)*. 2026;28(3):42-49. (In Russ.). <https://doi.org/10.26897/2687-1149-2026-3-42-49>

Введение

В нашей стране на пунктах послеуборочной обработки зерна широкое распространение получили универсальные зерноочистительные машины, способные работать в режимах предварительной, первичной и вторичной очистки. Как правило, они имеют решетную часть, а также дорешетную и послерешетную аспирации. Представителями данного типа машин являются очистители зерна серий А, М, U и V [1] (PETKUS Technologie GmbH, Германия), универсальные высокопроизводительные сепараторы серии TAS [2, 3] (Buhler GmbH, Германия), очистители-сепараторы NSD¹ [4] (Denis, Франция), высокопроизводительные сепараторы серии UNIVERSAL² (U-60, U-120, U-160, U-250) (KOBLIK GROUP, Россия), универсальные воздушно-решетные сепараторы линейки МУЗ³ [5, 6] (Польша, Республика Беларусь), фракционные очистители зерна семейства ОЗФ⁴ [7-9] (ООО «Осколсельмаш», Россия) и многие другие [10-12].

К универсальным сепараторам относятся также воздушно-решетная машина МПО-30Р

«Велес»^{5,6} (Кировское ПКБ – филиал ФГБНУ ФНАЦ ВИМ, Россия), предназначенная для предварительной (до 30 т/ч), первичной (до 15 т/ч) и вторичной (до 8 т/ч) очистки зерна различных культур от примесей [13]. Основным ее недостатком является наличие только одной осадочной камеры. Поскольку в режиме вторичной очистки зерна происходит смешивание выделенных воздушным потоком легких примесей из первой (дорешетной) аспирации и фуражного зерна из второй (послерешетной) аспирации, то в дальнейшем требуется его дополнительная обработка. Для устранения данного недостатка верхняя часть со стороны отвода пневмосепарирующего канала второй аспирации была снабжена расширительной камерой с отражательной перегородкой и устройством вывода фуражного зерна. В ФГБНУ ФНАЦ Северо-Востока проведены экспериментальные исследования и обоснованы основные конструктивные параметры расширительной камеры с учетом габаритных размеров существующей воздушной системы машины МПО-30Р «Велес» [14, 15]. По результатам данных исследований подготовлена конструкторская документация и изготовлен опытный образец модернизированной машины МПО-30Р-01 «Велес» с расширительной камерой.

Цель исследований: оценить процесс функционирования второй аспирации универсальной

¹ Cleaners NSD1, 2 & 3. URL: https://www.denis.fr/media/nsd1_2_3_0220_en.pdf (дата обращения: 19.12.2025).

² UNIVERSAL все модели. URL: <https://koblik.ru/catalog/elevatornoe-oborudovanie/zernoочистительные-машини/universal-vse-modeli/> (дата обращения: 19.01.2026).

³ Воздушно-решетные сепараторы МУЗ. URL: <https://ru.polymya.com/rus/catalog/separatory-zernoочистительные-машини/vozdushno-reshetnye-separatory-muz/> (дата обращения: 20.01.2025).

⁴ Очиститель зерна фракционный ОЗФ-80. URL: <https://осколсельмаш.рф/catalog/ochistitel-zerna-fraktsionnyy-ozf-80-40-20> (дата обращения: 24.12.2025).

⁵ Коньшев Н.Л. Разработка и совершенствование технологических линий и технических средств послеуборочной обработки зерна и семян трав. Киров: ФГБНУ ФНАЦ Северо-Востока, 2018. 348 с. EDN: YATBPF.

⁶ Сычугов Н.П., Сычугов Ю.В., Исупов В.И. Машины, агрегаты и комплексы послеуборочной обработки зерна и семян трав: Монография. Киров: ООО «ВЕСИ», 2015. 404 с.

зерноочистительной машины МПО-30Р-01 «Велес» в производственных условиях.

Материалы и методы

Зерноочистительная машина МПО-30Р-01 «Велес» (рис. 1) состоит из установленных на раме 1 воздушной части, включающей в себя приемную камеру, два пневмосепарирующих канала (ПСК), осадочную 6 и расширительную 7 камеры, вентилятор 5, и решетной части с наклонно установленными нижним 2 и верхним 3 решетными станами, а также механизмов привода. Решетная часть оборудована скребковым транспортером для очистки решет верхнего стана и щеточной тележкой на роликах для очистки решет нижнего стана.

Расширительная камера 13 модернизированной машины МПО-30Р-01 «Велес» (рис. 2) является осадочной камерой гравитационного типа и содержит в своем составе отражательную перегородку 12 и устройство вывода фуражного зерна – шнек 14. Основные конструктивные параметры расширительной камеры: длина $L_k = 0,50$ м; глубина $H_k = 0,60$ м; глубина выходного окна $H_o = 0,20$ м; радиус кривизны отражательной перегородки $R_o = 0,10$ м; глубина входного окна $h_1 = 0,10$ м; глубина отводящего канала $h_2 = 0,12$ м [14].

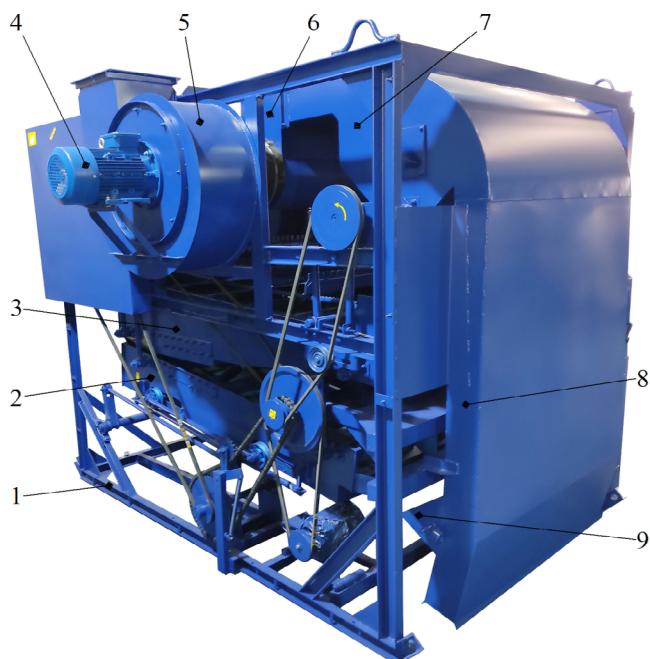


Рис. 1. Зерноочистительная машина МПО-30Р-01 «Велес» (вид справа):

- 1 – рама; 2, 3 – решетные станы; 4 – электродвигатель вентилятора; 5 – вентилятор; 6 – осадочная камера; 7 – расширительная камера; 8 – пневмосепарирующий канал; 9 – приемник зернового материала

Fig. 1. Grain cleaning machine MPO-30R-01 “Veles” (right view):

- 1 – frame; 2, 3 – sieve boots; 4 – fan motor; 5 – fan; 6 – separating chamber; 7 – expansion chamber; 8 – aspiration channel; 9 – receiver of grain material

Рабочий процесс зерноочистительной машины происходит следующим образом. Исходный материал через загрузочную горловину 7 поступает в приемную камеру 6, равномерно распределяется разравнивающим шнеком 5 по ширине воздушной системы, а затем подается в пневмосепарирующий канал 3 первой аспирации, где воздушным потоком из него выделяются легкие примеси. Далее на решетках верхнего решетного стана 2 происходит очистка от крупных примесей, которые через лоток 16 выводятся за пределы машины. Материал, прошедший сквозь отверстия решет верхнего стана 2, поступает на решета нижнего решетного стана 1. Здесь происходит очистка от мелких примесей. Примеси, просыпавшиеся сквозь отверстия решет, по скатному днищу решетного стана 1 направляются в отводящий лоток 20, основной поток материала – через лоток 18 и приемник 19 в ПСК 17 второй аспирации, а после очистки в нем – в разгрузочную воронку (на рисунке не показана). Фуражная фракция, выделенная в рабочей зоне ПСК 17, поднимается вверх в расширительную камеру 13, осаждается в ней и выводится шнеком 14 через материалопровод 15 за пределы машины. Пыль и легкие примеси, выделенные из обрабатываемого материала в ПСК 3 первой аспирации и в расширительной камере 13, поступают в осадочную камеру 11 и из нее вентилятором 8 выносятся в циклон машины (на рисунке не показан).

Агротехническая оценка включала в себя три задачи: определение эффективности выделения легких примесей и фуражного зерна в ПСК второй аспирации и эффективности осаждения фуражного зерна в расширительной камере, подсчет потерь полноценного и фуражного зерна в отходы.

При агротехнической оценке использовали методику, изложенную в ГОСТ 33735-2016⁷. Разбор проб полученных фракций производили вручную при помощи набора лабораторных сит и пневмокласификатора К-293. Взвешивание полученных компонентов фракций осуществляли на лабораторных весах ВЛТК-500М.

Расчет показателей процесса функционирования второй аспирации выполняли по следующим формулам:

– эффект выделения легких примесей в пневмосепарирующем канале:

$$E_{л} = (1 - a_{л}^0 \cdot p_0 / a_{л}^I) \cdot 100, \%,$$

где $a_{л}^0$ – содержание легких примесей во фракции очищенного зерна, %; $a_{л}^I$ – содержание легких примесей в исходном материале, %; p_0 – выход фракции очищенного зерна из ПСК;

⁷ГОСТ 33735-2016. Техника сельскохозяйственная. Машины зерноочистительные. Методы испытаний. М.: Стандартинформ, 2017. 54 с.

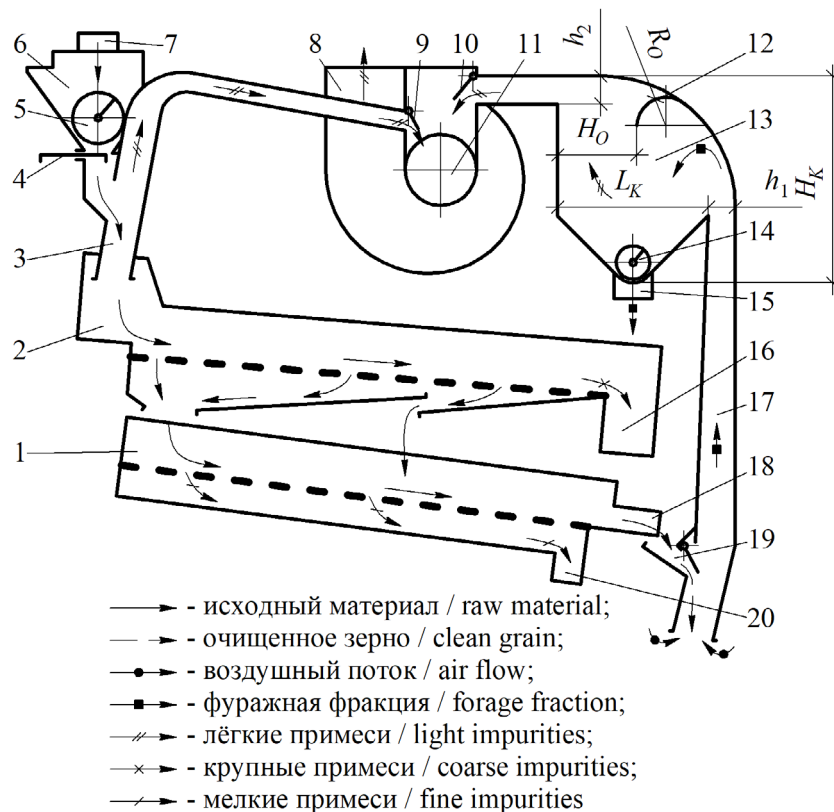


Рис. 2. Технологическая схема зерноочистительной машины МПО-30R-01 «Велес»:

1, 2 – решетные станы; 3, 17 – пневмосепарирующие каналы; 4, 9, 10 – регулировочные заслонки; 5, 14 – шнеки; 6 – приемная камера; 7 – загрузочная горловина; 8 – вентилятор; 11 – осадочная камера; 12 – отражательная перегородка; 13 – расширительная камера; 15 – материалопровод; 16, 18, 20 – отводящие лотки; 19 – приемник

Fig. 2. Technological diagram of the MPO-30R-01 “Veles” grain cleaning machine:

1, 2 – sieve boots; 3, 17 – aspiration channels; 4, 9, 10 – adjusting valves; 5, 14 – augers; 6 – receiving chamber; 7 – loading neck tube; 8 – fan; 11 – separating chamber; 12 – reflective partition; 13 – expansion chamber; 15 – conveying pipe; 16, 18, 20 – discharge trays; 19 – receiver

– эффект выделения фуражного зерна в пневмосепарирующем канале:

$$E_{\Phi} = (1 - a_{\Phi}^O \cdot p_O / a_{\Phi}^I) \cdot 100, \%$$

где a_{Φ}^O – содержание фуражного зерна во фракции очищенного зерна, %; a_{Φ}^I – содержание фуражного зерна в исходном материале, %;

– эффект осаждения фуражного зерна в расширительной камере:

$$E_{PK} = 100 \cdot a_{\Phi}^{PK} \cdot p_{PK} / (a_{\Phi}^{PK} \cdot p_{PK} + a_{\Phi}^{II} \cdot p_{II}), \%$$

где a_{Φ}^{PK} – содержание фуражного зерна в расширительной камере, %; a_{Φ}^{II} – содержание фуражного зерна в циклоне, %; p_{PK} – выход фракции фуражного зерна из расширительной камеры; p_{II} – выход фракции легких примесей из циклона;

– потери полноценного зерна в отходы:

$$\Pi_{II} = 100 \cdot a_{II}^{II} \cdot p_{II} / a_{II}^I, \%$$

где a_{II}^{II} – содержание полноценного зерна в циклоне, %; a_{II}^I – содержание полноценного зерна в исходном материале, %;

– потери фуражного зерна в отходы:

$$\Pi_{\Phi} = 100 \cdot a_{\Phi}^{II} \cdot p_{II} / a_{\Phi}^I, \%$$

где a_{Φ}^I – содержание полноценного зерна в исходном материале, %.

Для агротехнической оценки второй аспирации машины МПО-30R-01 «Велес» в производственных условиях ее опытный образец был установлен в технологическую линию (производительность в семенном режиме работы – до 10 т/ч) зерноочистительно-сушильного комплекса в ООО «Маяк» Удмуртской республики в качестве машины предварительной очистки зерна.

Скорость воздушного потока в ПСК первой аспирации устанавливали по началу выноса фуражного зерна в циклон, в ПСК второй аспирации – по началу выноса полноценного зерна в расширительную камеру. Опыты проводили в трехкратной повторности. Подачу материала в ПСК второй аспирации определяли по сумме выхода очищенного материала в бункере агрегата, фуражного зерна и отходов из расширительной камеры и циклона. Пробы исходного

материала брали на сходе с решета нижнего стана, очищенного зерна – на выходе из ПСК второй аспирации, фуражного зерна – на выходе из материалопровода расширительной камеры, легких примесей – на выходе из циклона.

Агротехническая оценка проводилась на предварительной очистке ярового ячменя сорта Памяти Чепелева влажностью 18,5% при подаче $6,0 \pm 0,1$ т/ч. Исходным материалом являлся сход с решета нижнего решетного стана машины. Это зерновой ворох ячменя, прошедший начальную очистку от легких примесей в ПСК первой аспирации, от крупных и мелких примесей на соответствующих решетах. Характеристика исходного материала представлена в таблице 1. Согласно ГОСТ 28672-2019⁸ к фуражному относили щуплое, мелкое и дробленое зерно ячменя, проходящее через решето с продолговатыми отверстиями размером $2,2 \times 20$ мм.

Результаты классификации компонентов исходного материала по скорости витания представлены на рисунке 3.

Из данных рисунка следует, что вариационные кривые фуражного и полноценного зерна сильно перекрываются. При скорости воздушного потока в зоне сепарации 6,5...7,0 м/с теоретически можно полностью выделить легкие примеси из зернового материала и 10...22% фуражного зерна при незначительных потерях полноценного зерна в отходы (до 0,05%).

Результаты и их обсуждение

Результаты агротехнической оценки второй аспирации машины МПО-30Р-01 «Велес» представлены в таблице 2.

Выход фракции очищенного зерна из пневмосепарирующего канала составил 97,40%, фракции фуражного зерна из расширительной камеры – 2,45%, фракции легких примесей из циклона – 0,15%.

В результате очистки зернового материала в пневмосепарирующем канале второй аспирации содержание полноценного зерна возросло с 88,48 до 90,51%, содержание фуражного зерна снизилось от 10,88 до 9,15%, легких примесей – от 0,48 до 0,19%, других примесей – от 0,16 до 0,15%. Фуражная фракция, осажденная в разделительной камере, содержит 78,30% фуражного и 13,23% полноценного зерна; 8,20% легких и 0,27% других примесей. При этом эффект выделения фуражного зерна из исходного материала составил 18,1%.

⁸ГОСТ 28672-2019. Ячмень. Технические условия. М.: Стандартинформ, 2019. 8 с.

Таблица 1
Характеристика исходного зернового вороха ячменя влажностью 18,5%

Table 1
Characteristics of the original barley grain mass at 18.5% moisture content

Состав вороха	Содержание, %
Полноценное зерно	88,48
Фуражное зерно	10,88
Легкие примеси	0,48
Другие примеси (крупные, мелкие, семена других культур)	0,16

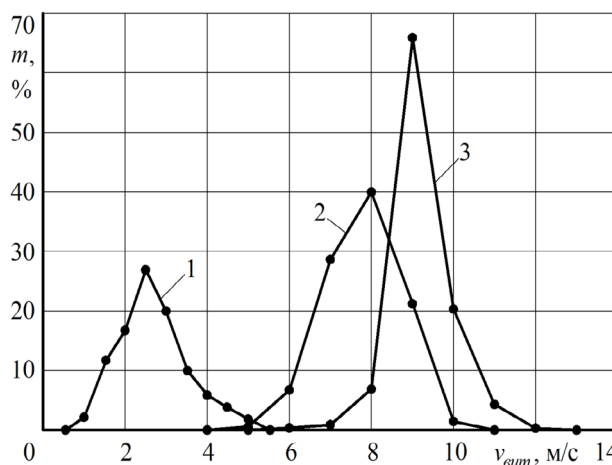


Рис. 3. Вариационные кривые распределения компонентов исходного материала по скорости витания:

- 1 – легкие примеси; 2 – фуражное зерно;
- 3 – полноценное зерно

Fig. 3. Variational curves of the distribution of raw material components of the soaring speed:
1 – light impurities; 2 – feed grain; 3 – full-value grain

Потери полноценного зерна в отходы составили 0,002%, что соответствует технологическим требованиям к пневмосепарирующим устройствам на этапе предварительной очистки, – не более 0,05%⁹. Потери фуражного зерна также незначительны (0,429%), что свидетельствует о правильной настройке машины. Эффект выделения легких примесей в пневмосепарирующем канале второй аспирации составил 61,7% при нормативном требовании 50,0% на всю пневмосистему. Эффект осаждения фуражного зерна в расширительной камере имеет довольно высокое значение (97,3%) и соответствует проведенным ранее исследованиям по обоснованию основных конструктивных параметров расширительной камеры, в которых данный показатель составил 97,1% [14].

⁹Ревякин Е.Л., Антышев Н.М. Технологические требования к новым техническим средствам в растениеводстве. М.: Росинформагротех, 2008. 60 с. EDN: QKZVOD

Таблица 2

Результаты агротехнической оценки второй аспирации универсальной зерноочистительной машины МПО-30Р-01 «Велес»

Table 2

Results of the agrotechnical evaluation of the second aspiration of the MPO-30R-01 “Veles” universal grain cleaning machine

Показатель	Значение показателя, %
Характеристика фракции очищенного зерна (выход из пневмосепарирующего канала второй аспирации)	
Выход фракции	97,40
Содержание:	
– полноценного зерна	90,51
– фуражного зерна	9,15
– легких примесей	0,19
– других примесей (крупные, мелкие, семена других культур)	0,15
Характеристика фракции фуражного зерна (выход из расширительной камеры)	
Выход фракции	2,45
Содержание:	
– полноценного зерна	13,23
– фуражного зерна	78,30
– легких примесей	8,20
– других примесей (крупные, мелкие, семена других культур)	0,27
Агротехнические показатели	
Эффект выделения легких примесей в пневмосепарирующем канале	61,7
Эффект выделения фуражного зерна в пневмосепарирующем канале	18,1
Эффект осаждения фуражного зерна в расширительной камере	97,3
Потери полноценного зерна в отходы	0,002
Потери фуражного зерна в отходы	0,429

Выводы

1. Зерноочистительная машина МПО-30Р-01 «Велес» с установленной расширительной камерой длиной 0,50 м и глубиной 0,60 м, имеющей глубину выходного окна 0,20 м, радиус кривизны отражательной перегородки 0,10 м, глубину входного окна 0,10 м и глубину отводящего канала 0,12 м, показала высокую эффективность очистки зерна.

2. Применение универсальной зерноочистительной машины МПО-30Р-01 «Велес» с расширительной камерой в режиме предварительной

очистки ячменя обеспечивает выделение в пневмосепарирующем канале второй аспирации 61,7% легких примесей и 18,1% фуражного зерна, осаждение в расширительной камере 97,3% фуражного зерна и минимальные потери в отходы полноценного 0,002% и фуражного зерна 0,429%.

3. Выделенная фуражная фракция, содержащая 78,30% фуражного и 13,23% полноценного зерна, может использоваться при приготовлении кормов животным.

Список источников

1. Бурков А.И. Тенденции развития воздушно-решетчатых зерноочистительных машин на современном этапе // *Аграрная наука Евро-Северо-Востока*. 2018. № 2(63). С. 4-15. <https://doi.org/10.30766/2072-9081.2018.63.2.04-15>
2. Болотова Н. Очистка зерна // *Хлебопродукты*. 2010. № 5. С. 32-33. EDN: MSVEUT

References

1. Burkov A.I. Trends in development of air screen grain cleaners at present stage. *Agricultural Science Euro-North-East*. 2018;2(63):4-15. (In Russ.) <https://doi.org/10.30766/2072-9081.2018.63.2.04-15>
2. Bolotova N. Grain cleaning. *Khleboprodukty*. 2010;5:32-33. (In Russ.)

3. Тимченко А. Элеваторное оборудование «Бюлер»: проектируя успех заказчика // Комбикорма. 2019. № 7-8. С. 23-26. EDN: SPWAIY
4. Глушков А.Л. Анализ конструкций и технологического процесса зерноочистительных машин, работающих по пневмофракционной технологии (обзор) // Аграрная наука Евро-Северо-Востока. 2025. Т. 26, № 3. С. 519-535. <https://doi.org/10.30766/2072-9081.2025.26.3.519-535>
5. Ермаков А.И., Зеленко С.А. Совершенствование аспирационной системы зерноочистительной машины // Вестник Барановичского государственного университета. Серия «Технические науки». 2024. № 1 (15). С. 45-51. EDN: QBZPZD
6. Ермаков А.И., Литвяк В.В., Росляков Ю.Ф. Исследование работы аспирационной системы универсальной зерноочистительной машины МУЗ-16 // Технологии пищевой и перерабатывающей промышленности АПК – продукты здорового питания. 2024. № 2. С. 252-259. EDN: GLWEVB
7. Orobinsky V.I., Gievsky A.M., Baskakov I.V., Gulevsky V.A., Chernyshov A.V. Analysis and features of operation of fractional grain cleaners and secondary seed cleaning separators. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*. 2021;845:012064. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/845/1/012064>
8. Orobinsky V.I., Gievsky A.M., Gulevsky V.A. Prospects for improving the technology of post-harvest grain and seed processing and technical means to implement it. *BIO Web of Conferences*. 2021;37:00140. EDN: LMLGXQ
9. Тишанинов К.Н. Основные тенденции развития зерноочистительной техники // Наука в Центральной России. 2022. № 5 (59). С. 20-27. <https://doi.org/10.35887/2305-2538-2022-5-20-27>
10. Orobinsky V.I., Baskakov I.V., Chernyshov A.V., Gulevsky V.A., Gievsky A.M. Two-aspiration air-sieve grain cleaning machines of new generation. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*. 2022;954:012056. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/954/1/012056>
11. Маринич Л.А., Михайловский Е.И., Михайловский В.Е. Анализ конструктивно-технологических особенностей машин предварительной и первичной очистки зерна // Агропанорама. 2012. № 3 (91). С. 6-11. EDN: КНАОТW
12. Priporov I.E., Kurasov V.S., Samurganov E.E., Shepelev A.B. Modeling the sunflower seeds separation process in air-sieve grain-cleaning machines. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*. 2021;1111:012048. <https://doi.org/10.1088/1757-899x/1111/1/012048>
13. Сычугов Н.П., Савиных П.А., Сычугов Ю.В., Казаков В.А. Технологическая линия и технические средства получения семян многолетних трав // Технологии и технические средства механизированного производства продукции растениеводства и животноводства. 2020. № 1 (102). С. 72-82. EDN: KQZKNK
14. Глушков А.Л., Бурков А.И., Лазыкин В.А., Мокиев В.Ю. Обоснование конструктивных параметров расширительной камеры второй аспирации зерноочистительной машины МПО-30Р «ВЕЛЕС» // Пермский аграрный вестник. 2024. № 2 (46). С. 4-11. EDN: WOKFTB
15. Пневмосистема зерноочистительной машины: Патент № 2834712 Российская Федерация, МПК В07В4/00(2006.01) / А.И. Бурков, А.Л. Глушков, В.А. Лазыкин, В.Ю. Мокиев; заявл. 26.03.2024; опубл. 13.02.2025; Бюл. № 5. EDN: UGSULH
3. Timchenko A. Buhler elevator equipment: designing the customer's success. *Kombikorma*. 2019;7-8:23-26. (In Russ.)
4. Glushkov A.L. Analysis of the design and technological process of grain cleaning machines operating on pneumatic fractional technology (review). *Agricultural Science Euro-North-East*. 2025;26(3):519-535. (In Russ.) <https://doi.org/10.30766/2072-9081.2025.26.3.519-535>
5. Ermakov A.I., Zelenko S.A. Improving the grain cleaning machine aspiration system. *Vestnik Baranovichskogo gosudarstvennogo universiteta. Series: Tekhnicheskiye nauki*. 2024;1(15):45-51. (In Russ.)
6. Ermakov A.I., Litvyak V.V., Roslyakov Yu.F. Study of the operation of the aspiration system of the universal grain cleaning machine MUZ-16. *Technologies for the Food and Processing Industry of the Agro-Industrial Complex – Healthy Food Products*. 2024;2:252-259. (In Russ.) <https://doi.org/10.24412/2311-6447-2024-2-252-259>
7. Orobinsky V.I., Gievsky A.M., Baskakov I.V., Gulevsky V.A., Chernyshov A.V. Analysis and features of operation of fractional grain cleaners and secondary seed cleaning separators. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*. 2021;845:012064. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/845/1/012064>
8. Orobinsky V.I., Gievsky A.M., Gulevsky V.A. Prospects for Improving the Technology of Post-harvest Grain and Seed Processing and Technical Means to Implement it. *BIO Web of Conferences*. 2021;37:00140.
9. Tishaninov K.N. The main trends in the development of grain cleaning equipment. *Science in the Central Russia*. 2022;5(59):20-27. (In Russ.) <https://doi.org/10.35887/2305-2538-2022-5-20-27>
10. Orobinsky V.I., Baskakov I.V., Chernyshov A.V., Gulevsky V.A., Gievsky A.M. Two-aspiration air-sieve grain cleaning machines of new generation. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*. 2022;954:012056. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/954/1/012056>
11. Marinich L.A., Mikhailovsky E.I., Mikhailovsky V.E. Analysis of design and technological features of machines for the preliminary and primary cleaning of grain. *Agropanorama*. 2012;3(91):6-11. (In Russ.)
12. Priporov I.E., Kurasov V.S., Samurganov E.E., Shepelev A.B. Modeling the sunflower seeds separation process in air-sieve grain-cleaning machines. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*. 2021;1111:012048. <https://doi.org/10.1088/1757-899x/1111/1/012048>
13. Sychugov N.P., Savinykh P.A., Sychugov Yu.V., Kazakov V.A. Technological line, machines and equipment for producing perennial grass seeds. *Tekhnologii i tekhnicheskiye sredstva mekhanizirovannogo proizvodstva produktsii rastenievodstva i zhivotnovodstva*. 2020;1(102):72-82. (In Russ.) <https://doi.org/10.24411/0131-5226-2020-10229>
14. Glushkov A.L., Burkov A.I., Lazykin V.A., Mokyiev V.Yu. Justification of the design parameters of the expansion chamber of the second aspiration of the MPO-30R “Veles” grain cleaning machine. *Perm Agrarian Journal*. 2024;2(46):4-11. (In Russ.)
15. Burkov A.I., Glushkov A.L., Lazykin V.A., Mokyiev V.Yu. Grain cleaning machine pneumatic system: Patent, No. 2834712 Russian Federation, IPC B07B4/00(2006.01), 2025. (In Russ.)

Информация об авторах

- ¹ Глушков Андрей Леонидович, канд. техн. наук, старший научный сотрудник; glandrey@yandex.ru; <https://orcid.org/0000-0002-1448-9930>; SPIN-код: 6378-8155
- ² Бурков Александр Иванович, д-р техн. наук, профессор, главный научный сотрудник; burkov.46@mail.ru; <https://orcid.org/0000-0002-5287-1532>; SPIN-код: 6469-1959
- ³ Лазыкин Виктор Алексеевич, канд. техн. наук, научный сотрудник; ellestar@bk.ru; <https://orcid.org/0000-0002-3910-8620>; SPIN-код: 2180-6764
- ⁴ Мокиев Валентин Юрьевич, канд. техн. наук, научный сотрудник; dizel154@bk.ru; <https://orcid.org/0000-0002-3368-1151>; SPIN-код: 2330-1404
- ^{1, 2, 3, 4} Федеральное государственное бюджетное научное учреждение «Федеральный аграрный научный центр Северо-Востока имени Н.В. Рудницкого»; 610007, г. Киров, ул. Ленина, 166а, Россия

Вклад авторов

А.Л. Глушков – формальный анализ, верификация данных, создание окончательной версии (доработка) рукописи и ее редактирование;
 А.И. Бурков – руководство исследованиями, концептуализация, методология;
 В.А. Лазыкин – создание черновика рукописи, ресурсы;
 В.Ю. Мокиев – проведение исследований, ресурсы.

Конфликт интересов

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов и несут ответственность за плагиат.

Статья поступила 26.01.2026, после рецензирования и доработки 14.04.2026, принята к публикации 14.05.2026

Author Information

- A.L. Glushkov**¹, CSc (Eng), Senior Research Engineer; <https://orcid.org/0000-0002-1448-9930>; glandrey@yandex.ru
- A.I. Burkov**², DSc (Eng), Professor, Chief Research Engineer; <https://orcid.org/0000-0002-5287-1532>; burkov.46@mail.ru
- V.A. Lazykin**³, CSc (Eng), Research Engineer; <https://orcid.org/0000-0002-3910-8620>; ellestar@bk.ru
- V.Yu. Mokiev**⁴, CSc (Eng), Research Engineer; <https://orcid.org/0000-0002-3368-1151>; dizel154@bk.ru
- ^{1, 2, 3, 4} Federal Agricultural Research Center of the North-East named N.V. Rudnitsky; 166a, Lenina Str., Kirov, Russia, 610007

Author Contribution

A.L. Glushkov – formal analysis and data verification, writing – review and editing of the manuscript;
 A.I. Burkov – research supervision, conceptualization, methodology;
 V.A. Lazykin – writing – original draft, resources;
 V.Yu. Mokiev – investigation, resources.

Conflict of interests

The authors declare no conflict of interests regarding the publication of this article and bear equal responsibility for plagiarism

Received 26.01.2026; Revised 14.04.2026; Accepted 14.05.2026