

**АНАЛИЗ СОСТОЯНИЯ ПРЕДВАРИТЕЛЬНОЙ ОЧИСТКИ
ЗЕРНА В ХОЗЯЙСТВАХ СЕВЕРО-ЗАПАДНОГО РЕГИОНА
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ И ПЕРСПЕКТИВЫ СОВЕРШЕНСТВОВАНИЯ****Волхонов М.С., Зимин И.Б., Островский Ю.Н.**

Реферат. Одна из первых операций в технологии послеуборочной обработки комбайнового вороха – предварительная очистка, позволяющая повысить сыпучесть материала и снизить затраты на сушку. В хозяйствах Северо-Западного региона РФ зерновой ворох, поступающий с полей на технологические линии зерноочистительно-сушильных комплексов, характеризуется повышенной засоренностью зерновой массы (15...20 %) и многокомпонентным составом сорной примеси, что, наряду с повышением влажности зернового вороха, оказывает негативное влияние на эффективность работы машин предварительной очистки. На зерноочистительно-сушильных пунктах для предварительной очистки зерна используют машины различных конструкций. В большинстве случаев они не предназначены для отделения мелкой сорной фракции и выделения фуражного зерна, при очистке вороха влажностью 26...30 % и более их производительность уменьшается в 1,5...2 раза. В результате резко снижается скважистость зерновой массы, что в свою очередь уменьшает эффективность работы бункеров накопителей, сушилок, а также машин первичной и вторичной очистки зерна. Необходимы принципиально новые подходы к разработке конструкций машин предварительной очистки зерна. Они должны обладать высокой производительностью для согласованной и оперативной работы всей технологической линии, а также осуществлять предварительную очистку зерна с одновременной его сепарацией на фуражную и семенную фракции. Необходимы ворохоочистители, способные уже на первой операции выделять из зернового вороха чистый фураж, с тем, чтобы его не требовалось очищать дополнительно от крупных сорняков и песка, а оставалось лишь досушить на отдельной технологической линии. Машина предварительной очистки должна обладать развитой воздушно-решетной системой и иметь совершенные подсевные решета для отделения мелких семян сорняков.

Ключевые слова: засоренность, влажность зерна, предварительная очистка зерна, ворохоочиститель, подсев, сорняки, зерновой ворох.

Введение. В увлажненных зонах России из-за неблагоприятных погодных условий и других факторов, уборку зерновых культур приходится проводить при повышенной влажности растений, высокой засоренности посевов и неоднородности семян основной культуры по степени созревания [1, 2]. В результате, например, в хозяйствах Северо-Западного региона РФ, как показали наши исследования, зерновой ворох, поступающий на пункты послеуборочной обработки, имеет высокую влажность (26...30 % и более), засоренность (15...20 %) и значительное количество незрелых и поврежденных семян основной культуры.

Одна из первых операций в технологии послеуборочной обработки комбайнового вороха – его предварительная очистка, позволяющая повысить сыпучесть материала и снизить затраты на сушку. Кроме того, она открывает возможности для временного хранения очищенного зерна в бункерах активного вентилирования и предотвращения ухудшения качества наиболее спелых зерен, которые в первые часы взаимодействия с компонентами вороха увлажняются [3].

Машины предварительной очистки зерна – ворохоочистители, как правило, устанавливают в линиях перед бункерами накопителями или сушилками с целью выделения из сырого вороха крупных, легких, а иногда и мелких примесей. Они предназначены для работы со свежесобраным зерновым ворохом влажностью до 35 %. После прохода вороха содержание наиболее крупных и мелких примесей в очищенном зерне снижается с 15...20 % до 3 %, одновременно удаляется часть избыточной влаги, что

увеличивает его сыпучесть, облегчает последующие процессы, особенно сушку, повышает устойчивость зерна к самосогреванию при временном хранении в насыпи [4, 5, 6].

На предприятиях Северо-Западного региона для предварительной очистки зерна от примесей используют машины различных конструкций, эффективность работы которых в агроклиматических условиях региона изучена недостаточно.

Цель работы – повышение эффективности послеуборочной обработки зерна в хозяйствах Северо-Западного региона.

Условия, материалы и методы исследований. Согласно нормативным документам, к операции предварительной очистки комбайнового зернового вороха предъявляют следующие агротехнические требования [7, 8]:

предварительная очистка не должна снижать качественных показателей обрабатываемого материала;

материал должен разделяться не менее чем на две фракции (очищенное зерно и примеси); степень выделения сорных примесей должна быть не менее 50 %, а потери полноценных семян в отходы не превышать 0,05 % от массы зерна основной культуры в исходном материале;

в очищенном материале не должно быть соломистых примесей длиной более 50 мм, а содержание таких компонентов длиной до 50 мм не должно превышать 0,2 %;

потери зерна (семян) основной культуры во фракцию «примеси» не должны превышать 0,2 %;

дробление зерна (семян) при предваритель-

ной очистке не должно превышать 0,1%.

Это базовые показатели, позволяющие дать объективную оценку зерноочистительного оборудования, эксплуатируемого в хозяйствах Северо-Западного региона РФ.

Оценку засоренности зернового вороха, поступающего с поля на технологическую линию зерноочистительно-сушильного комплекса проводили на базе ООО «Озерное» Бежаницкого района Псковской области. Технологическая линия включала завальную яму, оперативные резервуары для временного хранения зерновой массы БВ-25, зерносушилку напольного типа, а также зерноочистительные машины.

В ходе забора образцов и проведения лабораторных исследований определяли долю сорной и культурной примеси в зерновом ворохе. Исходную влажность зернового вороха регистрировали с использованием цифрового влагомера Wile-55 при отборе образцов в различных точках насыпи.

Мы оценили работу машин предварительной очистки зернового вороха, наиболее часто используемых на сельскохозяйственных предприятиях Северо-Западного региона РФ.

В заводском варианте ОВС-25 имеет грузочный и отгрузочный транспортёры, два параллельно работающих решетных стана, воздухоочистительную часть с двумя вертикальными аспирационными каналами, приемную камеру, шнек отходов, систему привода рабочих органов и самохода. Анализ технологического процесса в реальных условиях производства ООО «Зеленая Лига» и ООО «Красное знамя» Новосокольнического района Псковской области показал нецелесообразность использования механизма самохода из-за неровности полов на технологической линии по послеуборочной обработке зерна. Устойчивость и качество работы машины ОВС-25 полностью зависит от первоначальной установки. Требуемая эффективность технологического процесса достигается лишь при строго горизонтальной установке ее рамы [9]. Отсюда возникает необходимость стационарной установки машины. Для этого следует достаточно жестко закрепить ее на полу, снять инерционные пылеотделители и обеспечить выведение пыли за пределы здания.

При обработке влажного вороха происходит травмирование зерна скребками грузочных транспортеров ОВС-25, а также наблюдается повышенный износ самих скребков [10]. Для уменьшения износа и травмирования зерна скребки грузочных транспортеров целесообразно размещать в специально оборудованных металлических или деревянных коробах [9].

На сыром и засоренном ворохе в стационарном варианте машина ОВС-25 пропускает до 12 т/ч вместо 25 т/ч по паспортным данным. Дальнейшее увеличение подачи приводит к ухудшению отделения в первую очередь мелких семян сорняков – подсева [11].

Машина МПО-50 предназначена для выделения из свежееубранного зерна легких и крупных, в том числе солоmistых, примесей с использованием движущегося сетчатого транспортера и воздушного потока, создаваемого вентилятором. Ее основной недостаток по ре-

зультатам эксплуатации в АО «Ударник» Бежаницкого района Псковской области – отсутствие развитой решетной очистки, а именно подсева решет, что не позволяет полноценно отделять подсев – до половины семян сорняков и минеральных частиц. На влажном и засоренном зерновом ворохе МПО-50 способна пропускать до 26 т/ч зерна вместо 50 т/ч по паспортным данным [9]. Для решения этой проблемы завод-изготовитель предлагает более дорогостоящий вариант машины, работающий вместе с решетной приставкой РП-50К.

На предприятии ООО «Ветъ» Себежского района Псковской области хорошо зарекомендовала себя при предварительной очистке от сорных примесей зернового вороха, поступающего с поля, машина ALFA-50. К сожалению, она, как и МПО-50, не имеет развитой решетной очистки, что приводит к снижению эффективности работы на влажном и засоренном зерновом ворохе. Помимо этого, в машине ALFA-50 используется принцип разделения зерна и сорной примеси по аэродинамическим свойствам, который эффективен только в том случае, когда скорости витания семян и примесей различны. Кроме того, поскольку частицы смеси, попадая в воздушный поток, занимают разное положение – разделение получается недостаточно четким [12]. Из-за сходства конструктивной схемы с МПО-50 эффективность предварительной очистки зерна на машине ALFA-50 практически такая же.

Увеличение эффективности и качества очистки зерновой массы возможно при совместной работе ALFA-50 с сепаратором БИС-100. Она открывает возможности для качественной двухступенчатой очистки зерновой массы. При этом на первой ступени машина ALFA-50 обеспечивает предварительную очистку зернового вороха от крупных (солома, колоски) и частично легких примесей. На второй – сепаратор БИС-100, имеющий развитую решетную систему, выделяет фуражные отходы, мелкие примеси (подсев), а также оставшиеся легкие примеси. При двухступенчатой очистке зерна машинами ALFA-50 и БИС-100 степень выделения сорных примесей превышает 50 % (согласно паспортной характеристике, только машина БИС-100 способна обеспечить эффективность очистки от отделяемой сорной примеси на уровне 40 %) [13, 14].

На предприятиях Ленинградской области АО «Красная Балтика», «Агро-Балт», «Волховское», «Новоладожский» широко используют машину предварительной очистки К-527А. Наличие подсева решет, позволяющих отделить мелкие при-меси, которых достаточно много, особенно при уборке полеглых хлебов, дает гарантию надежной консервации сырого зерна в бункерах, повышает производительность сушильного оборудования и существенно облегчает работу машин очистительно-отделения [9]. Тем не менее, как показывает опыт, на влажном и засоренном зерновом ворохе пшеницы машина К-527А пропускает не более 18 т/ч вместо 27 т/ч по пересчету при паспортной производительности (по пшенице с чистотой 90 % и влажностью до 20 %) 50 т/ч.

Таблица – Содержание примесей в ворохе зерновых культур

Наименование составляющих		Содержание, %
Ячмень		
<i>Основная культура</i>	ячмень	86,22
<i>Сорная примесь</i>	марь белая	2,05
	горец вьюнковый	1,32
	подмаренник цепкий	1,23
	пикульник красивый	1,17
	пырей ползучий	1,17
	ярутка полевая	1,09
	щавель малый	1,61
	индифферентный сор	2,74
<i>Культурная примесь</i>	пшеница	1,40
Пшеница		
<i>Основная культура</i>	пшеница	83,37
<i>Сорная примесь</i>	марь белая	1,38
	горец вьюнковый	1,50
	подмаренник цепкий	1,25
	пикульник красивый	1,62
	пырей ползучий	2,00
	бодяк полевой	1,14
	ромашка непахучая	1,36
	индифферентный сор	4,75
<i>Культурная примесь</i>	рожь	1,63

Анализ и обсуждение результатов исследований. Типовое зерноочистительное оборудование неплохо работает во многих регионах РФ, к которым Северо-Западный регион, к сожалению, не относится. У него есть свои особенности как в отношении набора культур, так и состояния зернового вороха, образующегося при прямом комбайнировании. Последний в условиях Северо-Западного региона, как правило, имеет многокомпонентный состав (см. табл.), что оказывает существенное влияние на эффективность работы машин предварительной очистки [1,3,15].

Влажность исследуемого зернового вороха находилась в пределах 26...30 %. Ее увеличению способствовали не только неблагоприятные погодные условия уборочного сезона, но и повышенная засоренность зерна различными примесями, влажность которых достигала 40...50 %. В результате контактного влагообмена между семенами основной культуры и сорняков увеличивалась общая влажность зерновой массы.

Анализ видового состава зернового вороха и работы ворохоочистителей, входящих в состав поточных линий по послеуборочной обработке зерна в хозяйствах Северо-Западного региона РФ, показал ряд принципиальных недостатков, оказывающих существенное влияние, как на качество выполнения операции предварительной очистки зерна.

При работе с зерновым ворохом повышенной влажности и засоренности происходит резкое снижение производительности машин предварительной очистки минимум в 1,5...2,0 раза, по сравнению с паспортными данными. Кроме того, научными исследованиями и опытом производственной деятельности установлено, что

увеличение влажности зернового вороха на 1 % больше 16 % приводит к снижению производительности зерноочистительных машин на 5 %, а каждый процент увеличения засоренности – на 2 % [1].

Как правило, предприятия не разделяют зерно на фуражную и семенную фракции одновременно с предварительной очисткой зерна. Очень важно в составе линии иметь ворохоочистители, способные уже на первой технологической операции выделить из зернового вороха чистый фураж, с тем, чтобы его не требовалось очищать дополнительно от крупных сорняков и песка, а оставалось лишь досушить, например, на отдельной технологической линии с барабанными сушилками [9].

Во многих хозяйствах на этапе предварительной очистки не отделяется подсев – мелкие семена сорняков. Это обусловлено использованием машин с полным отсутствием решетной системы очистки, например, у МПО-50, или машин с отсутствием подсевных решет, например, машины ЗД-10000. В результате около 50 % семян мелких сорняков и минеральные частицы, имеющиеся в зерновом ворохе, особенно после уборки полеглых хлебов, остаются в межзерновом пространстве и резко снижают скважность зерновой массы. В конечном итоге существенно снижается эффективность работы оборудования, стоящего в линии после ворохоочистителей [1].

При отсутствии качественной предварительной очистки зерна, прежде всего возрастают затраты электроэнергии на привод вентиляторов бункеров активного вентилирования. Стенки бункеров выпучиваются от нагрузки и их приходится стягивать шпренгелями, а, главное, шестиметровый слой засоренного сырого зер-

нового вороха плохо продувается даже вентилятором высокого давления [9]. Решить эту проблему возможно обеспечив качественную работу ворохоочистителей по отделению подсева, а также с использованием технических решений по совершенствованию системы распределения воздуха в емкостях временного хранения зерновой массы перед сушкой [5, 8].

В случае недостаточно эффективной работы ворохоочистителей, возрастают энергозатраты на сушку зерна. Кроме того, снижается пропускная способность сушилок из-за уменьшения скорости воздуха в межзерновых пространствах и дополнительного увлажнения зерна со стороны сорной примеси, имеющей более высокую влажность по сравнению с семенами основной культуры [11].

В результате низкой эффективности оборудования для предварительной очистки зерна, снижается эффективность работы машин первичной и вторичной очистки зерна из-за перегрузки их подсевных решет со стороны мелких семян сорняков [9].

В случае эффективной работы ворохоочистителей целесообразно также рассмотреть вопрос о рациональной утилизации отходов предварительной очистки зерна – мелкие семена сорняков и крупные соломистые примеси. Их можно использовать, например, при производстве топливных брикетов, на которые возможен перевод топочных отделений зерносушилок, работающих на дизельном топливе. При этом

будут соблюдаться принципы безотходной технологии послеуборочной обработки зерна и в значительной мере улучшаться экологическая обстановка в сельской местности.

Выводы. В условиях Северо-Западного региона РФ на технологические линии по послеуборочной обработке зерна поступает многокомпонентный зерновой ворох высокой влажности (26...30 % и более), засоренностью (15...20 %), имеющий в своем составе большое количество недозревших и поврежденных семян основной культуры, что приводит к снижению производительности машин предварительной очистки в 1,5...2,0 раза.

В большинстве предприятий используются машины предварительной очистки зернового вороха, которые не способны полноценно отделить мелкую сорную фракцию, выделить фуражное зерно.

Требуются принципиально новые подходы к разработке конструкций ворохоочистителей и комплектации технологических линий послеуборочной обработки зерна. Машина предварительной очистки зерна должна обладать высокой производительностью для согласованной и оперативной работы с оборудованием всей технологической линии; осуществлять предварительную очистку зерна с одновременной его сепарацией на фуражную и семенную фракции; иметь развитую воздушно-решетную систему очистки и совершенные подсевные решета для отделения мелких семян сорняков.

Литература

1. Агрегаты и комплексы для послеуборочной обработки и хранения зерна и семян/ под общ. ред. В.Д. Галкина. С.-Пб.: СПбГАУ, 2005. 130 с.
2. Федоренко В.Ф., Ревякин Е.Л. Зерноочистка – состояние и перспективы. М.: ФГНУ «Росинформагротех», 2006. 204 с.
3. Бурков А.И., Сычугов Н.П. Зерноочистительные машины. Конструкция, исследование, расчет и испытание. Киров: НИИСХ Северо-Востока, 2000. 261 с.
4. Stuke F., Fehrmann H. Sortenmischungen im Weizenanbau // Mitt. Biol. Bundensamst. Land-und Forstwirt, 1986. - N 232. - S. 134.
5. Патент на изобретение 2601778 РФ. Бункерное устройство для сушки и активного вентилирования сыпучих материалов / М.С. Волхонов, Н.М. Андрианов, И.Б. Зимин и др.; Костромская гос. с.- х. академия. - № 2014148350/06; Заявл. 01.12.2014; Опул. 10.11.2016; Бюл. №31.
6. Styk B., Szot B. The effect of mechanical damage of spring wheat grain on plant growth and crop yielding // 4 Tag. Agrophys. Berlin. P. 239-246.
7. Chahal B. C., Ramzan M. Effect of different leaven of grain moisture on viability of wheat seed // Bull. Grain Technol. 1986. № 1. P. 11-12.
8. Волхонов М.С., Зимин И.Б. Повышение эффективности сушки и охлаждения зерна на базе установок активного вентилирования: монография. Караваево: Костромская ГСХА, 2014. 164 с.
9. Морозов В.В., Щепилов Н.Я. Зерноочистительно-сушильные комплексы и поточные линии. Великие Луки: Редакционно-издательский центр ВГСХА, 2002. 366 с.
10. Тарасенко А.П., Гульстен М. Э. Травмирование семян скребковым транспортёром // Транспортное обеспечение при крупногрупповом использовании сельскохозяйственной техники. – Воронеж: Воронежский СХИ, 1985 С. 61–65.
11. Зимин И.Б. Современные машины и оборудование для послеуборочной обработки зерна. Ворохоочистители: методические указания. Великие Луки: Изд-во ФГБОУ ВПО «Великолукская ГСХА», 2014. Ч.1. 47 с.
12. Сычугов Ю.В., Исупов В.И. Машины, агрегаты и комплексы послеуборочной обработки зерна и семян трав/под ред. Н.П. Сычугова. Киров: Изд-во ООО «ВЕСИ», 2015. 404 с.
13. Машина предварительной очистки зерна ALFA, 50-400 т/ч [Электронный ресурс]. URL: <https://www.zavodromax.ru/products/zernoochistitel-nye-mashiny/mashina-predvaritelnoj-ochistki-zerna-alfa/> (дата обращения 02.03.2020).
14. Сепаратор А1-БИС-100 URL: <https://www.melinvest.ru/catalog/separator/a1-bis-100/> (дата обращения 02.03.2020).
15. Галкин В.Д. Повышение эффективности функционирования семяочистительно-сушильных комплексов путем совершенствования технологии и технических средств разделения зерновых смесей до и после сушки (на примере регионов с повышенной влажностью зернового вороха): дис. д-ра техн. наук. Санкт-Петербург -Пушкин, 2004. 457 с.

Сведения об авторах:

Волхонов Михаил Станиславович – доктор технических наук, проректор по учебной работе; e-mail: vms72@mail.ru
 ФГБОУ ВО «Костромская государственная сельскохозяйственная академия», Костромская область, Россия

Зимин Игорь Борисович – кандидат технических наук, заведующий кафедрой автомобилей, тракторов и сельскохозяйственных машин; E-mail: igzimin@yandex.ru

Островский Юрий Николаевич – магистрант; e-mail: igzimin@yandex.ru

ФГБОУ ВО «Великолукская государственная сельскохозяйственная академия», г. Великие Луки, Россия

ANALYSIS OF THE STATUS OF PRELIMINARY GRAIN CLEANING IN FARMS OF THE NORTH-WESTERN REGION OF THE RUSSIAN FEDERATION AND PROSPECTS FOR IMPROVEMENT
Volkhonov M.S., Zimin I.B., Ostrovskiy Yu.N.

Abstract. One of the first operations in the technology of post-harvest processing of a combine heap is preliminary cleaning, which makes it possible to increase the flowability of the material and reduce the cost of drying. In the farms of the North-Western region of the Russian Federation, the grain heap coming from the fields to the processing lines of grain-cleaning and drying complexes is characterized by increased grain mass contamination (15 ... 20%) and a multicomponent composition of trash, which, along with an increase in the moisture content of the grain heap, has a negative effect on the efficiency of the pre-cleaning machines. At grain cleaning and drying points, machines of various designs are used for preliminary grain cleaning. In most cases, they are not intended for separating small weed fractions and separating feed grain, when cleaning a heap with a moisture content of 26 ... 30% or more, their productivity decreases 1.5 ... 2 times. As a result, the wellness of the grain mass is sharply reduced, which in turn reduces the efficiency of storage bins, dryers, as well as machines for primary and secondary grain cleaning. Fundamentally new approaches to the development of designs for grain pre-cleaning machines are required. They must have a high productivity for the coordinated and efficient operation of the entire technological line, as well as carry out preliminary cleaning of grain with its simultaneous separation into feed and seed fractions. Heap cleaners are needed that are capable of separating clean forage from the grain heap already at the first operation, so that it does not need to be additionally cleaned of large weeds and sand, but only needs to be dried on a separate technological line. The pre-cleaner must have a developed air-sieve system and have perfect under-sowing sieves to separate small weed seeds.

Key words: weediness, grain moisture, preliminary cleaning of grain, heap cleaner, overseeding, weeds, grain heap.

References

1. *Agregaty i komplekсы dlya posleuborochnoy obrabotki i khraneniya zerna i semyan. pod obshch. red. V.D. Galkina.* [Units and complexes for post-harvest processing and storage of grain and seeds], edited by V.D. Galkin. C.-Pb.: SPbGAU, 2005. 130 pp.
2. Fedorenko V.F., Revyakin E.L. *Zernoochistka – sostoyanie i perspektivy.* [Grain cleaning - state and prospects]. M.: FGNU “Rosinformagrotekh”, 2006. 204 pp.
3. Burkov A.I., Sychugov N.P. *Zernoochistitelnye mashiny. Konstruktsiya, issledovanie, raschet i ispytanie.* [Grain cleaning machines. Construction, research, calculation and testing]. Kirov: NIISKh Severo-Vostoka, 2000. P. 261.
4. Stuke F., Fehrmann H. *Sortenmischungen im Weizenanbau // Mitt. Biol. Bundsamst. Land-und Forstwirt, 1986. - N 232. - P. 134.*
5. Patent na izobreteniyе 2601778 RF. *Bunkermoe ustroystvo dlya sushki i aktivnogo ventilirovaniya sypuchikh materialov.* [Bunker device for drying and active ventilation of bulk materials]. Kostromskaya gos. s.- kh. akademiya. / M.S. Volkhonov, N.M. Andrianov, I.B. Zimin and others; - № 2014148350/06; Applied 01.12.2014; published 10.11.2016; bulletin №31.
6. Styk B., Szot B. The effect of mechanical damage of spring wheat grain on plant growth and crop yielding // 4 Tag. *Agrophys.* Berlin. P. 239-246.
7. Chahal B. C., Ramzan M. Effect of different leaven of grain moisture on viability of wheat seed // *Bull. Grain Technol.* 1986. № 1. P. 11-12.
8. Volkhonov M.S., Zimin I.B. *Povyshenie effektivnosti sushki i okhlazhdeniya zerna na baze ustanovok aktivnogo ventilirovaniya: monografiya.* [Increasing the efficiency of drying and cooling grain on the basis of active ventilation units: monograph]. Karavaevo: Kostromskaya GSKhA, 2014. 164 pp.
9. Morozov V.V., Shchepilov N.Ya. *Zernoochistitelno-sushilnye komplekсы i potochnye linii.* [Grain cleaning and drying complexes and production lines]. Velikie Luki: Redaktsionno-izdatelskiy tsentr VGSKhA, 2002. 366 pp.
10. Tarasenko A.P., Gulsten M. E. *Travmirovaniye semyan skrebkovym transportorom. // Transportnoe obespecheniye pri krupnogrúppovom ispolzovanii selskokhozyaystvennoy tekhniki.* [Injury of seeds by a scraper conveyor. // Transport support for large-group use of agricultural machinery]. – Voronezh: Voronezhskiy SKhL, 1985, P. 61–65.
11. Zimin I.B. *Sovremennyye mashiny i oborudovaniye dlya posleuborochnoy obrabotki zerna. Vorokhoochistiteli: metodicheskie ukazaniya.* [Modern machines and equipment for post-harvest grain processing. Heap cleaners: guidelines]. Velikie Luki: Izd-vo FGBOU VPO “Velikolukskaya GSKhA”, 2014. Ch.1. P. 47.
12. Sychugov Yu.V., Isupov V.I. *Mashiny, agregaty i komplekсы posleuborochnoy obrabotki zerna i semyan trav/pod red. N.P. Sychugova.* [Machines, aggregates and complexes for post-harvest processing of grain and grass seeds]. / edited by N.P. Sychugov. Kirov: Izd-vo OOO “VESI”, 2015. 404 pp.
13. *Mashina predvaritelnoy ochistki zerna ALFA, 50-400 t/ch.* [Machine for preliminary cleaning of grain ALFA, 50-400 tons per hectare]. Available at: <https://www.zavodromax.ru/products/zernoochistitel-nye-mashiny/mashina-predvaritelnoy-ochistki-zerna-alfa/> (date of access 02.03.2020).
14. Separator A1-BIS-100. Available at: <https://www.melinvest.ru/catalog/separator/a1-bis-100/> (date of access 02.03.2020).
15. Galkin V.D. *Povyshenie effektivnosti funktsionirovaniya semyaochistitelno-sushilnykh kompleksov putem sovershenstvovaniya tekhnologii i tekhnicheskikh sredstv razdeleniya zernovykh smesey do i posle sushki (na primere regionov s povyshennoy vlazhnostyu zernovogo vorokha): dis. d-ra tekhn. nauk.* (Improving the efficiency of the functioning of seed-cleaning and drying complexes by improving the technology and technical means for separating grain mixtures before and after drying (on the example of regions with high moisture content of the grain heap): Doctoral dissertation). Sankt-Peterburg-Pushkin, 2004. P. 457.

Authors:

Volkhonov Mikhail Stanislavovich - Doctor of Technical Sciences, vice-rector for Academic Affairs; e-mail: vms72@mail.ru

Kostroma State Agricultural Academy, Kostroma Region, Russia

Zimin Igor Borisovich – Ph.D. of Technical Sciences, Head of Automobiles, Tractors and Agricultural Machines Department; E-mail: igzimin@yandex.ru

Ostrovskiy Yuriy Nikolaevich – Master’s student; e-mail: igzimin@yandex.ru

Velikie Luki State Agricultural Academy, Velikie Luki, Russia