

СПОСОБ УПРАВЛЕНИЯ ПОДАЧЕЙ МАТЕРИАЛА И ВОЗДУХА В ПНЕВМОСЕПАРАЦИОННЫЙ КАНАЛ ЗЕРНООЧИСТИТЕЛЬНОЙ МАШИНЫ**Волхонов М.С., Бушуев И.В., Мишин П.В, Юнусов Г.С., Волхонов Р.М.**

Реферат. В статье приводится обоснование практического применения ультразвуковых дальномеров для изучения и управления функционированием пневмосепарационного канала зерноочистительной машины. Описывается новая технологическая схема установки, а также результаты экспериментальных исследований, направленных на поиск параметров, имеющих наибольшую корреляцию с подачей материала и воздушного потока в пневмосепарационный канал зерноочистительной машины. Экспериментально определено, что частота вращения питающего валика, регулирующего подачу материала в пневмосепарационный канал с целью полной его загрузки и обеспечения максимальной производительности, имеет сильную обратную корреляционную связь (-0,89) с разностью усредненных значений длин путей ультразвуковых волн, пронизывающих поперек движущийся зерновой слой, полученных с ультразвуковых дальномеров в начале и конце пневмосепарационного канала. Частота вращения ротора вентилятора, регулирующего подачу воздуха в пневмосепарационный канал, имеет также сильную обратную корреляционную связь (-0,82) с разностью усредненных значений длин путей ультразвуковых волн, пронизывающих поперек движущийся зерновой слой, полученных с ультразвуковых дальномеров в середине и конце пневмосепарационного канала. Доказано, что при периодичности опроса датчиков менее 1200 мс качество оценки состояния стохастического слоя наилучшее. Разработанный способ управления подачей материала и воздуха в пневмосепарационный канал зерноочистительной машины может быть положен в основу работы системы автоматизации процесса очистки зерна, позволит своевременно реагировать на стохастическое изменение переменных состояния процесса очистки зернового вороха, и как следствие повысить его качество и снизить удельные энергозатраты.

Ключевые слова: пневмосепарационный канал, зерно, ультразвук, микроконтроллер, автоматическое управление.

Ведение. Пневмосепарационные каналы (ПСК) широко используются для разделения зерновой смеси на фракции в силу простоты конструкции, высокой эффективности работы и удельной производительности, малой повреждаемости семян и себестоимости обработки [1,2,3,4,5].

Машины для послеуборочной обработки зерна функционируют, как правило, в составе поточной линии, поэтому характер изменения параметров материала, поступающего на обработку (его влажность, засоренность, плотность и др.), стохастический, что неизбежно вызывает стохастическое изменение всех переменных состояния процесса [6, 7]. При работе важно поддерживать постоянную подачу воздуха и оптимальную подачу материала в ПСК. Неравномерность подачи материала в ПСК приводит к изменению аэродинамического сопротивления системы, что неизбежно ведет к изменению скорости фильтрации воздуха через слой материала, приводящей при малой скорости к недостаточному выносу примесей из продуваемого слоя вороха, а при повышенной – к потерям частиц основной культуры с примесями. Малая подача материала в ПСК приводит к снижению производительности очистителя, высокая – к увеличению толщины, плотности продуваемого слоя, снижению качества очистки.

Практически во всех существующих зерноочистительных машинах управление подачей воздуха и материала в ПСК осуществляется вручную [1, 8, 9, 10, 11], а оптимальность выполненных регулировок контролируется оператором, который не в состоянии обеспечить постоянный контроль за пульсациями воздушного потока и материала, изменениями его физико-механических свойств, оперативное управление. Отсутствие способа, лежащего в основе автоматического контроля и управления подачей материала и воздуха в ПСК, приводит к снижению эффективности, качества очистки материала от засорителей и технологической надежности процесса.

Известен способ управления подачей материала и воздуха в ПСК зерноочистительной машины, включающий оценку длины пути ультразвуковой (УЗ) волны, при котором осуществляется сравнение фактической длины пути ультразвуковой волны с заданным значением, выбираемым с учетом характеристик материала, по полученной разности значений определяются оптимальные параметры подачи воздуха в обрабатываемый материал [6]. Недостатком данного способа является то, что оптимальные параметры подачи воздуха в обрабатываемый материал устанавливаются на основании сравнения фактической длины пути ультразвуковой волны, пронизывающей

движущийся зерновой слой по направлению его движения, с заданным значением, выбираемым с учетом характеристик материала, что не позволяет оперативно учитывать изменения состава зернового вороха при его обработке в ПСК, т.к. зерновой ворох, поступающий от комбайнов на очистку в течение суток, как правило, имеет очень неоднородную внутреннюю структуру – до 30 % засорителей и большой разброс по влажности – от 14 до 35%, что оказывает значительное влияние на скорость распространения ультразвуковой волны [12, 13], и как следствие вызывает необходимость проведения постоянной корректировки заданных значений длины пути УЗ волны, выбираемых с учетом характеристик материала, а также авторами не раскрывается механизм управления подачей материала и одновременно воздуха в канал зерноочистительной машины.

Цель научного исследования – разработать принципы управления подачей материала и воздуха в ПСК зерноочистительной машины, определить какие параметры имеют наибольшую корреляцию с подачей материала и воздушного потока в ПСК и должны лежать в основе работы системы автоматического управления их работой, обосновать необходимую дискретизацию частоты просвечивания УЗ волнами зернового слоя.

Условия, материалы и методы исследований. С целью практического применения УЗ дальномеров для изучения и управления функционированием ПСК нами была разработана технологическая схема установки (рисунок 1), на основании которой изготовлена лабораторная модель, оснащенная автоматикой, управление которой происходит микроконтроллерами по потоку данных, получаемых с датчиков (А-С1), следящих за изменением режимных параметров [14]. Применение микроконтроллеров в системах автоматического управления позволяет уменьшить количество элементов принципиальной схемы, уменьшив, тем самым, габариты устройства и разместить все элементы на одной печатной плате.

Выбор микроконтроллера для разработки блока автоматического управления осуществлялся по следующим критериям: управление значительным количеством ультразвуковых дальномеров с целью определения оптимального их числа; подключение пятикнопочной клавиатуры для управления режимами работы; управление двумя частотными преобразователями управления вентилятором и питающим валом путем подачи импульсного частотного сигнала; подключение графического дисплея; наличие интерфейса для передачи данных внешнему устройству (ПК); возможность внутрисхемной отладки микропрограм-

мы и ее прошивки.

На основе данных критериев нами был выбран 32-х разрядный микроконтроллер типа STM32F103VCT6. На основе данного микроконтроллера разработано устройство, следящее за режимами работы пневмосепарационного канала. Разработка программного обеспечения выполнена в среде IAR Embedded Workbench for ARM. Для прошивки программы в микроконтроллер, а также ее отладки в режиме реального времени применен программатор/отладчик для ARM ядра J-LINK v8, цифровой осциллограф Rigol DS1102E и восьми-канальный логический анализатор LHT00SU1.

Управляющая программа для микроконтроллера по своей структуре представляет сочетание флаговых автоматов, запускающих опрос клавиатуры и запуск измерений, и конечных автоматов, определяющих номер канала измерения. Для отсчета интервалов запуска задач применены программные таймеры, тактируемые от системного таймера ядра микроконтроллера с периодом 1 мс.

Процесс очистки на разработанной установке происходит следующим образом:

Зерновой ворох из питающего бункера 4 (рисунок 1) питающим валом 5 подается на очистку в ПСК 3, где, проходя по перфорированной решетке 2, пронизывается в поперечном направлении воздушным потоком, создаваемым вентилятором 6. На входе в ПСК происходит разрыхление материала и начало процесса удаления легких примесей с воздушным потоком в фильтрующий элемент, скорость витания которых меньше скорости витания основной культуры. В средней части ПСК из очищаемого вороха удаляется наибольшее количество примесей, т.к. к этому времени весь его слой равномерно псевдооживается, а скорость турбулентного воздушного потока в центре ПСК близка к максимальной. На выходе из пневмосепарационного канала зерновой ворох представляет собой в основном частицы основной культуры, без засорителей. Таким образом, внутренняя структура слоя зернового вороха значительно меняется по мере его движения от входа до выхода из пневмосепарационного канала [15].

За изменениями структуры слоя зернового вороха следят ультразвуковые дальмеры 1, установленные на входе, в средней части и на выходе из ПСК. При их работе ультразвуковые волны, образуемые с периодичностью 1... 20 с⁻¹ излучателями А,В,С (рисунок 1), проходят внутри слоя зернового вороха поперек его движения к приемникам А1,В1,С1 и направляются на обработку в блок управления (рисунок 2), где вычисляются средние значения длин путей ультразвуковых волн, полученных от каждого дальмера [15].

В ходе сбора данных о работе системы необходимо было выяснить, по каким показателям возможно судить об отклонениях в работе системы.

При проведении экспериментов по очистке пшеницы и сои от примесей было проведено по 20 опытов при различных режимах работы установки. Во время проведения каждого опыта показания длин путей УЗ волн каждого датчика фиксировались в разработанной программе [14] с периодичностью в 150 мс., а массив данных переносился в MS EXCEL. Дальнейшая обработка экспериментальных данных проводилась в программе STATGRAPHICS plus, где определялись средние значения длин путей УЗ волн, их среднеквадратические отклонения, полученные с каждого датчика, для дальнейшего выявления корреляционных связей между значениями длин путей УЗ волн, подачей материала в ПСК, расходом воздуха, чистотой материала на выходе из ПСК и выносом материала в осадочную камеру. Всего было обработано 180 числовых рядов, полученных с УЗ датчиков ПСК при испытаниях работы очистителя на очистке вороха сои и пшеницы.

Частоты вращения вентилятора и питающего валика, в соответствии с показаниями значений на табло частотных преобразователей марки E2-8300, фиксировались для каждого опыта с шаговым изменением частоты вращения вентилятора и питающего валика в пределах 20...40 Гц кратно 5 Гц; чистота материала на выходе из ПСК и вынос основного материала в осадочную камеру определялись в лаборатории на базе Костромской ГСХА, в

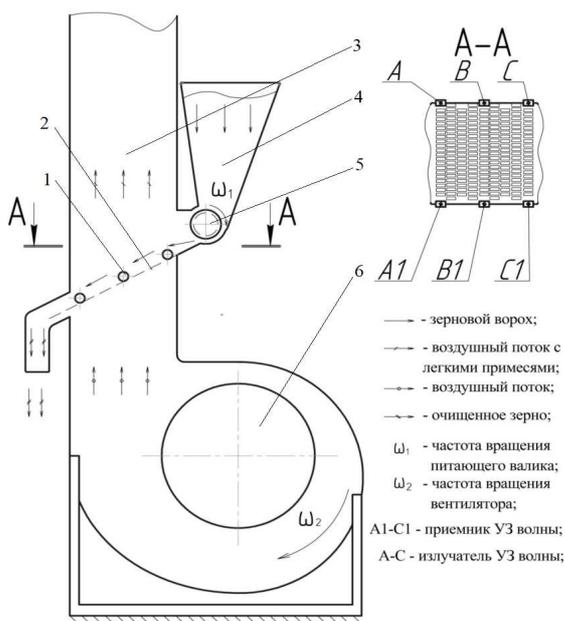


Рисунок 1 – Технологическая схема пневмосепарационного канала зерноочистительной машины

соответствии с ГОСТ 30483-97. После каждого опыта отбирались образцы материала, которые в дальнейшем обрабатывались – определялась чистота материала, процент дробленого зерна и процент выноса основного материала в осадочную камеру. Производительность лабораторной установки замерялась методом отсечек при помощи напольных весов и секундомера.

В опытах при определении показателей максимально коррелирующих с подачей материала и расходом воздуха в ПСК, а также при обосновании необходимой дискретизации частоты просвечивания УЗ волнами зернового слоя, данные с УЗ датчиков поступали с блока управления в компьютер в виде числовых рядов и содержали от 350 до 650 значений, которые подвергались дисперсионному анализу.

Анализ и обсуждение результатов

В ходе корреляционного анализа было определено, что частота вращения питающего валика, ω_1 , регулирующего подачу материала в ПСК с целью полной его загрузки и обеспечения максимальной производительности, имеет сильную обратную корреляционную связь (-0,89) (таблица 1) с разностью усредненных значений длин путей ультразвуковых волн, пронизывающих поперек движущийся зерновой слой, полученных с ультразвуковых дальномеров в начале и конце ПСК. Частота вращения ротора вентилятора, ω_2 , регулирующего подачу воздуха в ПСК, имеет также сильную обратную корреляционную связь (-0,82) с разностью усредненных значений длин путей ультразвуковых волн, пронизывающих поперек движущийся зерновой слой, полученных с ультразвуковых дальномеров в середине и конце ПСК [15].

Очевидно, что по разности усредненных значений длин путей ультразвуковых волн, пронизывающих поперек движущийся зерновой слой, полученных с ультразвуковых дальномеров, на входе и на выходе из пневмосепарационного канала зерноочистительной маши-

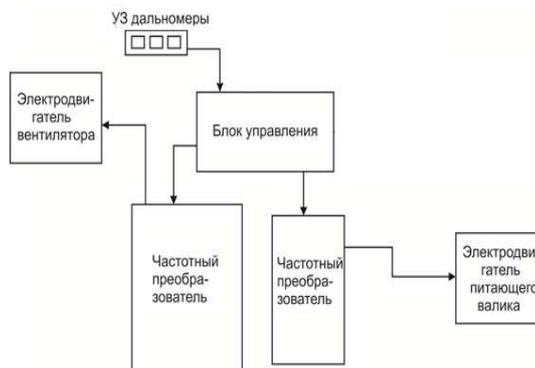


Рисунок 2 – Схема управления электродвигателями привода вентилятора и питающего валика

ны возможно устанавливать и контролировать подачу материала – частотой вращения двигателя питающего валика при помощи частотно-преобразователя, а по разности усредненных значений длин путей ультразвуковых волн, пронизывающих поперек движущийся зерновой слой, полученных с ультразвуковых датчиков в средней части и на выходе из ПСК регулировать подачу воздуха – частотой вращения двигателя вентилятора при помощи частотного преобразователя.

Для выявления зависимости изменения частоты опроса датчиков на качество оценки стохастической структуры очищаемого слоя зернового вороха данные обрабатывались по следующей методике – проводился дисперсионный и корреляционный анализ:

- величин пути УЗ волны, полученных через 450 мс со всех датчиков – обрабатывалась

каждая 3 строка матрицы числового ряда;

- величин пути УЗ волны, полученных через 750 мс со всех датчиков - обрабатывалась каждая 5 строка матрицы числового ряда;

- величин пути УЗ волны, полученных через 1050 мс со всех датчиков - обрабатывалась каждая 7 строка матрицы числового ряда;

- величин пути УЗ волны, полученных через 1200 мс со всех датчиков - обрабатывалась каждая 8 строка матрицы числового ряда;

- величин пути УЗ волны, полученных через 1500 мс со всех датчиков - обрабатывалась каждая 10 строка матрицы числового ряда;

Данные корреляционного анализа при каждом эксперименте показали значения представлены в таблице 2.

В ходе проведения экспериментов выяснилось, что при уменьшении массива данных числового ряда, полученного с одного УЗ дат-

Таблица 1 – Результаты корреляционного анализа влияния подачи воздуха и материала на разность усредненных значений длин путей ультразвуковых волн, пронизывающих поперек движущийся зерновой слой вначале, середине и конце пневмосепарационного канала

Наименование показателя	Величина коэффициента корреляции влияния подачи воздуха и материала на разность усредненных значений длин путей ультразвуковых волн, пронизывающих поперек движущийся зерновой слой		
	полученных с ультразвуковых датчиков, расположенных в начале и конце ПСК	полученных с ультразвуковых датчиков, расположенных в начале и середине ПСК	полученных с ультразвуковых датчиков, расположенных в середине и конце ПСК
Частота вращения питающего валика, ω_1 , регулирующего подачу материала	-0,89	-0,49	-0,59
Частота вращения ротора вентилятора, ω_2 , регулирующего подачу воздуха	-0,18	0,57	-0,82

Таблица 2 – Зависимость показаний корреляционного анализа от частоты опроса датчиков

Наименование показателя	Периодичность опроса датчиков, t, мс					
	150	450	750	1050	1200	1500
Величина коэффициента корреляции влияния подачи материала на разность усредненных значений длин путей ультразвуковых волн, пронизывающих поперек движущийся зерновой, полученных с датчиков, расположенных в начале и конце ПСК (по модулю)	0,89	0,84	0,84	0,89	0,93	0,84
Величина коэффициента корреляции влияния расхода воздуха на разность усредненных значений длин путей ультразвуковых волн, пронизывающих поперек движущийся зерновой, полученных с датчиков, расположенных в середине и конце ПСК (по модулю)	0,83	0,84	0,81	0,80	0,95	0,62

чика меньше 47 значений, выявляется ухудшение качества оценки порозности движущегося слоя зернового вороха, при периодичности опроса датчиков менее 1200 мс качество оценки наилучшее.

Предлагаемый способ управления подачей материала и воздуха в ПСК зерноочистительной машины может быть положен в основу работы системы автоматизации процесса очистки зерна в ПСК, которая позволит своевременно реагировать на стохастическое изменение переменных состояния процесса очистки зернового вороха, и как следствие повысить его качество и снизить удельные энергозатраты.

Выводы. Экспериментально определено, что частота вращения питающего валика, регулирующего подачу материала в ПСК с целью полной его загрузки и обеспечения максимальной производительности, имеет сильную обратную корреляционную связь (-0,89) с раз-

ностью усредненных значений длин путей ультразвуковых волн, пронизывающих поперек движущийся зерновой слой, полученных с ультразвуковых дальномеров в начале и конце ПСК. Частота вращения ротора вентилятора, регулирующего подачу воздуха в ПСК, имеет также сильную обратную корреляционную связь (-0,82) с разностью усредненных значений длин путей ультразвуковых волн, пронизывающих поперек движущийся зерновой слой, полученных с ультразвуковых дальномеров в середине и конце ПСК. По этим параметрам предлагается управлять работой ПСК.

При периодичности опроса датчиков менее 1200 мс качество оценки состояния стохастического зернового слоя наилучшее.

Разработан алгоритм и программа управления работой электроприводами устройств подачи материала и воздушного потока в ПСК очистителя зернового вороха.

Литература

1. Бурков А.И. Разработка и совершенствование пневмосистем зерноочистительных машин. Киров: ФГБНУ «НИИСХ Северо - Востока», 2016. 380 с., ил.
 2. Монография / В.Е.Саитов, В.Г. Фарафонов, А.Н. Суворов, Д.В. Григорьев. — Киров: Вятская ГСХА, 2012. — 209 с.
 3. Blenk H., Trines H. Weitere Untersuchungen zur Saatgutsichtung in horizontalen und vertikalen // Grundlagen der Landtechnik – 1951. Н.2. – S. 17-25.
 4. Wessel I. Vergleichende Untersuchungen Schwerkraftsichten // Grundlagen der Landtechnik. – 1963. – Н.18. – S. 27-34.
 5. Wessel I. Verfahren des Siebens und des Windsichtens // Grundlagen der Landtechnik. -1968. – Bd. 18. – Н.4. – S. 151-157
 6. Пат. 2558737 Российская Федерация, МПК F 26 В 21/12. Способ управления состоянием слоя в аэродинамических системах машин для послеуборочной обработки материала и устройства для его осуществления / Волхонов М.С., Смирнов И.А., Полозов С.А., Габалов С.Л., Волхонов Р.М.; заявитель и патентообладатель ФГБОУ ВПО Костромская ГСХА, опубл. 10.08.2015, бюл. №22. – 9 с.; ил.
 7. Исследование сепарации семян и разработка машинных технологий их подготовки / В.М. Дринча. – Воронеж: Издательство НПО «МОДЭК», 2006– 384 с.
 8. Машины и оборудование для послеуборочной обработки зерна / Каталог. – М.: ФГНУ «Росинформагротех», 2003. – 204 с.
 9. Машины и оборудование для послеуборочной обработки зерна / Каталог. – М.: ФГНУ «Росинформагротех», 2010. - 92 с.
 10. Тарасенко А.П. Современные машины для послеуборочной обработки зерна и семян. – М.: Колос, 2008. – 232 с.
 11. Сычугов Н.П., Сычугов Ю.В., Исупов И.В. Механизация послеуборочной обработки зерна и семян трав. – Киров: ФГУПП "Вятка", 2003. – 368 с.
 12. Ультразвук. Маленькая энциклопедия. Глав. Ред. И.П. Голямина. – М.: «Советская энциклопедия», 1979 – 400 с., илл.
 13. Грушин Ю.Н. Энергосберегающие технологии послеуборочной обработки высоковлажного семенного зерна: монография / Ю.Н. Грушин, Д.А. Пустынный – Вологда-Молочное: ИЦ ВГМХА, 2013. – 160 с.
 14. Актуальные проблемы науки в агропромышленном комплексе: сборник статей 68-й международной научно-практической конференции в 3т. – Караваево : Костромская ГСХА/ 2т. «Методика получения данных о текущих параметрах технологических процессов послеуборочной обработки зерна», М.С. Волхонов, С.Л. Габалов, А.А. Кирилин, Р.М. Волхонов.
 15. Положительное решение формальной экспертизы заявки на изобретение №2017104806/03(008673) - Способ управления подачей материала и воздуха в пневмосепарационный канал зерноочистительной машины» / Волхонов М.С.; Габалов С.Л.; Бушуев И.В.; Волхонов Р.М.; Зимин И.Б.; заявитель и патентообладатель ФГБОУ ВПО Костромская ГСХА, – 9с.; ил.
- Сведения об авторах:**
 Волхонов Михаил Станиславович – доктор технических наук, профессор, e-mail: vms72@mail.ru
 Бушуев Иван Валерьевич – кандидат технических наук, доцент кафедры электропривода и электротехнологий, e-mail: biv2005g@mail.ru
 ФГБОУ ВО Костромская государственная сельскохозяйственная академия, Костромская область, Костромской район, п. Караваево, Россия.
 Мишин Петр Владимирович – доктор технических наук, профессор
 ФГОУ ВО «Чувашская государственная сельскохозяйственная академия», г. Чебоксары, Россия.
 Юнусов Губейдулла Сибятуллоевич – доктор технических наук, профессор, e-mail: 270144@mail.ru

Волхонов Роман Михайлович – аспирант 1 года обучения, e-mail: roman94-44@bk.ru
 ФГБОУ ВО Костромская государственная сельскохозяйственная академия, Костромская область, Костромской район, п. Карavaeво, Россия.

**THE METHOD OF CONTROLLING THE FLOW OF MATERIAL AND AIR
 IN PNEUMOSEPARATION CHANNEL WINNOWING MACHINE
 Volkhonov M.S., Bushuev I.V., Mishin P.V., Yunusov G.S., Volkhonov R.M.**

Abstract. The article substantiates the practical application of ultrasonic range finders for studying and controlling the operation of the pneumatic separation channel of a grain cleaning machine. A new technological scheme of the installation is described, as well as the results of experimental studies aimed at finding parameters that have the greatest correlation with the supply of material and air flow to the pneumatic separation channel of the grain cleaning machine. It has been experimentally determined that the speed of the feeding roller regulating the supply of material to the pneumatic separation channel in order to fully load it and provide maximum output has a strong inverse correlation (-0.89) with the difference in the averaged values of the lengths of the paths of ultrasonic waves piercing across the moving grain layer, obtained from ultrasonic range finders at the beginning and end of the pneumatic separation channel. The rotor speed of the fan regulating the air supply to the pneumatic separation channel also has a strong inverse correlation (-0.82) with the difference in the averaged values of the path lengths of ultrasonic waves piercing across the moving grain layer obtained from ultrasonic range finders in the middle and end of the air separation channel. It is proved that at a frequency of polling the sensors 1200 ms, the quality of the evaluation of the state of the stochastic layer is the best. The developed method for controlling the supply of material and air to the air separation channel of the grain cleaning machine can be used as the basis for the automation of the grain cleaning process, it will allow to react in a timely manner to the stochastic change in the variable state of the process of cleaning the grain heaps, and as a consequence, to improve its quality and to reduce specific energy costs.

Keywords: pneumatic separation channel, grain, ultrasound, microcontroller, automatic control.

References

1. Burkov A.I. Development and improvement of pneumatic systems of grain cleaning machines. Kirov: FGBNU «NIISH Severo - Vostoka», 2016. 380 s., il.
2. Monograph / V.E.Saitov, V.G. Farafonov, A.N. Suvorov, D.V. Grigor'ev. — Kirov: Vjatskaja GSHA, 2012. — 209 s.
3. Blenk H., Trines H. Weitere Untersuchungen zur Saatgutsichtung in horizontalen und vertikalen // Grundlagen der Landtechnik – 1951. H.2. – S. 17-25.
4. Wessel I. Vergleichende Untersuchungen Schwerkraftsichten // Grundlagen der Landtechnik. – 1963. – H.18. – S. 27-34.
5. Wessel I. Verfahren des Siebens und des Windsichtens // Grundlagen der Landtechnik. -1968. – Bd. 18. – H.4. – S. 151-157
6. Pat. 2558737 Rossiiskaja Federacija, MPK F 26 B 21/12. A method for controlling the state of a layer in the aerodynamic systems of machines for post-harvest material processing and an apparatus for implementing it / Volhonov M.S., Smirnov I.A., Polozov S.A., Gabalov S.L., Volhonov R.M.; zajavitel' i patentoobladatel' FGBOU VPO Kostromskaja GSHA, opubl. 10.08.2015, byul. №22. – 9 s.; il.
7. Investigation of seed separation and development of machine technologies for their preparation / V.M. Drincha. Voronezh: Izdatel'stvo NPO «MODYEK», 2006- 384 s.
8. Machines and equipment for post-harvest grain processing / Katalog.-M.: FGNU «Rosinformagroteh», 2003. - 204 s.
9. Machines and equipment for post-harvest grain processing / Katalog.-M.: FGNU «Rosinformagroteh», 2010. - 92 s.
10. Tarasenko A.P. Modern machines for post-harvest processing of grain and seeds.. – M.: Kolos, 2008. 232 s.
11. Sychugov N.P., Sychugov YU.V., Isupov I.V. Mechanization of post-harvest processing of grain and grass seeds. Kirov: FGUPP "Vjatka", 2003. 368 s.
12. Ultrasound. Small Encyclopedia. Glav. Red. I.P. Goljamina. – M.: «Sovetskaja yenciklopedija», 1979 – 400 s., ill.
13. Grushin, YU.N. Energy saving technologies for post-harvest processing of high-moisture seed grain: monografija / YU.N. Grushin, D.A. Pustynnyi – Vologda-Molochnoe: IC VGMHA, 2013. – 160 s.
14. Aktual'nye problemy nauki v agropromyshlennom komplekse: sbornik statei 68-i mezhdunarodnoi nauchno-prakticheskoi konferencii v 3t. – Karavaevo : Kostromskaja GSHA/ 2t. «Methodology for obtaining data on current parameters of post-harvest grain processing processes », M.S. Volhonov, S.L. Gabalov, A.A. Kirilin, R.M. Volhonov.
15. Polozhitel'noe reshenie formal'noi yekspertizy zajavki na izobretenie №2017104806/03(008673) – «A method for controlling the supply of material and air to the pneumatic separating channel of a grain cleaning machine» / Volhonov M.S.; Gabalov S.L.; Bushuev I.V.; Volhonov R.M.; Zimin I.B.; zajavitel' i patentoobladatel' FGBOU VPO Kostromskaja GSHA, – 9s.; il.

Authors:

Volkhonov Mikhail Stanislavovich – Doctor of Technical Sciences, Professor, e-mail: vms72@mail.ru;
 Bushuev Ivan Valerevich – Cand.Tech.Sci., The senior lecturer, e-mail: biv2005g@mail.ru;
 Mishin Petr Vladimirovich – Doctor of Technical Sciences, Professor
 Yunusov Gubeydulla Sibyatulloevich – Doctor of Technical Sciences, Professor
 Volkhonov Roman Mikhailovich – post-graduate student of 1 year of training, e-mail: roman94-44@bk.ru;
 FGBRO VO "Kostroma State Agricultural Academy"; Kostroma Region, Kostroma District, Karavaevo Village, Russia.