



УДК 631.361.022



DOI 10.22314/2073-7599-2019-13-4-42-47

Пневматическая система дифференцированного обмолота кукурузы

Александр Геннадиевич Пастухов,
доктор технических наук, профессор кафедры,
e-mail: pastukhov_ag@mail.ru;
Дмитрий Николаевич Бахарев,
кандидат технических наук, доцент кафедры;

Сергей Федорович Вольвак,
кандидат технических наук, профессор кафедры;
Руслан Владимирович Черников,
преподаватель

Белгородский государственный аграрный университет имени В.Я. Горина, п. Майский, Белгородская обл., Российская Федерация

Реферат. Дифференцирование величины силового воздействия на початки семенной кукурузы в процессе обмолота минимизирует количество макро- и микроповреждений зерна, что сохраняет потенциал урожайности данной культуры. (*Цель исследования*) Разработать автоматическую систему управления активными пневматическими элементами деки молотильно-сепарирующего устройства, позволяющую дифференцировать силу прижатия шипов к початкам семенной кукурузы в различных зонах молотильной камеры, чтобы снизить травмирование зерна. (*Материалы и методы*) Использовали методы системного анализа, проектирования алгоритмов работы автоматизированных механических систем, электроники и общей электротехники. (*Результаты и обсуждение*) Предложили перспективную конструкцию молотильно-сепарирующего устройства для семенной кукурузы. Укомплектовали ее активной пневматической декой с системой автоматического регулирования силы прижатия независимых друг от друга шипов деки к зерну, находящемуся в початке, непосредственно в процессе обмолота. Для подкачки и спуска воздуха установили два клапана в каждой из 16 пневмоподушек, использовали 32 управляющих реле. Для автоматизации процесса регулирования предусмотрели управление посредством контроллера Atmega 2560 давления в пневмоподушках, прижимающих шипы к зерну в процессе обмолота. Определили принципиальную схему, описывающую алгоритм работы контроллера с блоками управления давлением в пневмоподушках деки. Показали, что благодаря программированию контроллера можно изменять давление в пневмоподушках и тем самым регулировать силы прижатия шипов деки к початкам кукурузы адресно, то есть для любой пневмоподушки в любой части деки. (*Выводы*) Определили, что разрушающее усилие вдавливания 55 ньютонов достигается в определенных вариантах сочетания толщины мембраны, давления в пневмоподушках и глубины вдавливания шипа. Разработали конструкцию молотильного устройства с системой автоматизированного регулирования давления в пневмоподушках деки, позволяющую дифференцировать величину обмолачивающих сил, что минимизирует количество макро- и микроповреждений зерна семенной кукурузы.

Ключевые слова: обработка семян, обмолот семенной кукурузы, повреждение зерна, молотильное устройство, управление давлением в пневмоподушках.

■ **Для цитирования:** Пастухов А.Г., Бахарев Д.Н., Вольвак С.Ф., Черников Р.В. Пневматическая система дифференцированного обмолота кукурузы // *Сельскохозяйственные машины и технологии*. 2019. Т. 13. №4. С. 42-47. DOI 10.22314/2073-7599-2019-13-4-42-47.

Pneumatic System of Variable-Force Corn Threshing

Aleksandr G. Pastukhov,
Dr.Sc.(Eng.), professor of the department,
e-mail: pastukhov_ag@mail.ru;
Dmitry N. Bakharev,
Ph.D.(Eng.);

Sergey F. Volvak,
Ph.D.(Eng.), professor of the department;
Ruslan V. Chernikov,
lecturer

Belgorod State Agricultural University named after V.Y. Gorin, Maisky, Belgorod region, Russian Federation

Abstract. Differentiation of the force applied to the cobs of seed corn in the process of threshing allows minimizing the amount of macro- and micro-damage to the grain, which maintains the potential yield level of this crop. (*Research purpose*) To develop an automatic control system for active pneumatic elements of the deck of the threshing-and-separating unit capable of varying



the pressing force of the spikes applied to the cobs of seed corn in different parts of the threshing chamber to minimize the crop damage. (*Materials and methods*) The authors have used the methods of system analysis, designing the operating algorithms of automated mechanical systems, electronics and general electrical engineering. (*Results and discussions*) The authors offer an advanced design of the threshing-and-separating unit for seed corn. The design features an active pneumatic deck with an automatic control system varying the pressing force of separate deck spikes to the cob grain directly in the course of threshing. For air inflating and lowering, two valves are installed in each of the 16 airbags, 32 control relays being used. The operation process is automatized through the Atmega 2560 controller regulating the amount of pressure in the airbags forcing the spikes against the grain in the process of threshing. The authors propose a schematic diagram describing the operation algorithm of the controller with pressure control units in deck airbags. By programming the controller, an operator can change the amount of pressure in the airbags, thus adjusting the force of direct and precise pressing the deck spikes to the corn cobs, for any airbag and in any part of the deck. (*Conclusions*) It has been determined that the destructive pressing force of 55 Newtons can be achieved in certain combinations of the membrane thickness, the pressure in the airbags and the pressing depth of the spikes. The proposed design of the threshing device with a system of automated pressure control in the deck airbags allows varying the force of threshing, which minimizes the amount of macro- and micro-damage to the seed corn grain and thus maintains the potential yield level of this crop.

Keywords: grain threshing, seed corn threshing, grain damage, threshing-and-separating unit, airbag pressure control.

For citation: Pastukhov A.G., Bakharev D.N., Volvak S.F., Chernikov R.V. Pnevmaticheskaya sistema differentsirovannogo obmolota kukuruzy [Pneumatic system of variable-force corn threshing]. *Sel'skokhozyaystvennyye mashiny i tekhnologii*. 2019. Vol. 13. N4. 42-47 (In Russian). DOI 10.22314/2073-7599-2019-13-4-42-47.

Початки семенной кукурузы обмолачивают в стационарных условиях перерабатывающего цеха и после предварительной сушки, для чего используют молотильно-сепарирующие устройства (МСУ).

К сожалению современным МСУ отечественного и зарубежного производства присущи недостатки: высокая материалоемкость, значительная энергоемкость процесса обмолота и нанесение зерну большого количества макро- и микроповреждений [1, 2]. Материалоемкость снижают, применяя полимерные материалы. Энергоемкость процесса сокращают, оптимизируя режимы работы МСУ. Однако проблема нанесения зерну кукурузы макро- и микроповреждений в процессе обмолота не решена [3-5].

Цель исследования – разработать автоматическую систему управления активными пневматическими элементами деки молотильно-сепарирующего устройства, позволяющую дифференцировать силу прижатия шипов к початкам семенной кукурузы в различных зонах молотильной камеры, чтобы снизить травмирование зерна.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ. Использовали методы системного анализа, построения алгоритмов работы автоматизированных систем и разработки принципиальных электрических схем устройств управления.

Механические повреждения зерна, особенно в области зародыша, приводят к существенным недоборам урожая кукурузы. Например, если таким образом повреждены 20% зерен кукурузы, то потери урожая составят 3,1-4,0 ц/га, а при 30% – 4,7-5,4 ц/га [1, 4]. Анализ работы различных МСУ в производственных условиях показал, что рабочие органы, контактируя с початками кукурузы, наносят макро- и микроповреждения поверхностям и зародышу в зерне по следующим причинам [4-6]:

- отсутствие системы ориентированной подачи початков кукурузы на обмолот;

- использование пассивных участков деки с жестко закрепленными шипами;

- управление величиной силового воздействия рабочих органов на зерно только путем изменения частоты вращения ротора в узком диапазоне и регулировки зазоров в камере обмолота;

- нерациональные режимы обмолота.

В конструкциях промышленных образцов МСУ эту проблему решают, применяя различные способы и устройства:

- двухступенчатый обмолот в независимых молотильных системах, установленных последовательно;

- ротор с лопастями переменной кривизны, наносящими удары разной силы и интенсивности;

- дека с чередующимися пассивными и активными (подпружиненными) участками;

- многоступенчатые деки;

- дискретное изменение скорости движения початков вдоль оси ротора;

- деки с шипами специальной формы, обеспечивающие рациональное распределение обмолачивающих сил по поверхности зерна.

В результате анализа конструктивно-технологических параметров и принципов работы существующих МСУ выявили отсутствие конструкций, в которых реализовано сразу несколько (более трех) путей дифференцирования механического силового воздействия на зерно.

Кроме того, не решен вопрос управления силовым воздействием рабочих органов на зерно в початках в ходе изменения силы прижатия независимых друг от друга шипов деки к зерну непосредственно в процессе обмолота.

Для решения данных задач предложили конструкцию нового МСУ, патент RU 171115 (рис. 1).

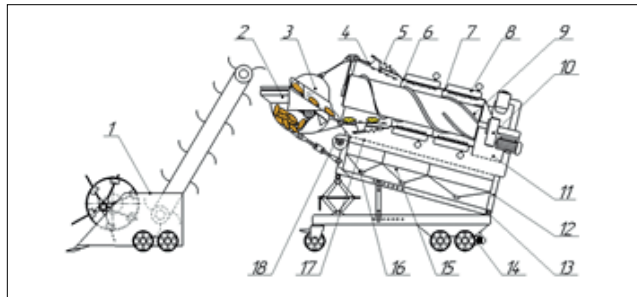


Рис. 1. Схема молотильно-сепарирующего устройства для початков семенной кукурузы с активными элементами деки: 1 – погрузчик; 2 – приемный бункер; 3 – ориентирующе-дозировующее устройство; 4 – приемная часть деки; 5 – разрезной шипованный конус; 6, 7 – цилиндрические основная и домолачивающая части деки; 8 – пневматические подушки; 9 – ротор; 10 – привод ротора; 11 – выгрузная горловина для обмолоченных стержней; 12 – рама; 13 – механизм изменения угла камеры обмолота относительно горизонта; 14 – поворотная ходовая часть с электроприводом; 15 – бункер для зерна; 16 – горловина с заслонкой; 17 – сепарирующая часть с решетом; 18 – вентилятор

Fig. 1. Structural diagram of the threshing-and-separating unit for the cobs of the seed corn with active elements of the deck: 1 – loader; 2 – receiving hopper; 3 – orienting metering device; 4 – receiving part of the deck; 5 – split studded cone; 6, 7 – cylindrical deck parts – for main and finish threshing; 8 – airbags; 9 – rotor; 10 – rotor drive; 11 – unloading pipe for threshed stalks; 12 – frame; 13 – levelling mechanism for changing the installation angle of the threshing chamber; 14 – rotary chassis with electric drive; 15 – grain hopper; 16 – pipe with a valve; 17 – separating unit with a sieve; 18 – fan

Новое МСУ работает следующим образом. Погрузчик подает початки кукурузы в приемный бункер с ориентирующе-дозировующим загрузочным устройством. Там лопатки, приводимые в движение тяговым рабочим органом, захватывают початки, ориентируют их в пространстве параллельно оси ротора и подают в приемную зону деки, где початки подхватываются пластинчатой многозаходной навивкой ротора и совершают винтовое движение (Патент RU 180093).

В результате винтового движения початки кукурузы попадают в клин, образованный разрезным шипованным конусом приемной зоны, где они взаимодействуют с шипами и частично обмолачиваются. Зерно выводится из камеры обмолота через прорезы в деке. Поскольку каждый участок конуса подпружинен и выполнен с возможностью перемещения под действием обмолачиваемой массы в радиальном направлении, в камере обмолота происходит увеличение зазора, что позволяет отделить зерно от стержня без повреждений.

Отсутствие повреждений в приемной части обу-

словлено еще и тем, что упругость пружин и диаметр оснований конуса, образованного подпружиненными участками, можно регулировать – как в процессе настройки, так и непосредственно при обмолоте. Для полного обмолота початки кукурузы после приемной зоны подают в цилиндрические зоны деки – сначала в основную, а затем в домолачивающую.

В этих зонах прутковая многозаходная навивка ротора обеспечивает винтовое перемещение початков. Они взаимодействуют с независимыми друг от друга подвижными шипами, прижатыми несколькими отдельными пневматическими подушками с гибким резиновым дном. В основной и домолачивающей зонах деки происходит как полное отделение зерна от стержней, так и эффективное разделение зерностержневой смеси.

Независимые шипы, прижатые пневматическими подушками, исключают повреждение зерна при обмолоте, поскольку в процессе пусконаладочных работ и непосредственно при обмолоте можно полностью регулировать силу воздействия шипов на зерно, изменяя давление в подушках.

Ротор приводят в движение от электродвигателя. Обмолоченные стержни выводят через горловину. Камера обмолота выполнена на раме, которая оснащена механизмом изменения угла наклона относительно горизонта. Обмолоченное зерно накапливают в бункере, горловину которого перекрывают заслонкой. Отверстия решета, установленного в верхней части бункера, продувают посредством вентилятора для отделения от зерна легких примесей.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ. Эффективность управления величиной силового воздействия рабочих органов на зерно посредством изменения силы прижатия независимых друг от друга шипов деки к зерну, находящемуся в початках кукурузы, непосредственно в процессе обмолота возрастает, если реализовать возможность автоматизированного или роботизированного управления давлением в пневмоподушках [7].

Каждую пневмоподушку следует рассматривать как отдельный элемент. В данном случае опытное МСУ необходимо оснастить автомобильным аккумулятором, компрессором и программируемой системой автоматического контроля давления в подушках [7, 8]. Процесс управления заключается в следующем. При обмолоте часть зерна повреждается: чем более жестко пневмоподушки прижимают шипы к зерну, тем больше повреждений. Изменяя давление в пневмоподушках, можно снизить этот показатель. Рекомендуются устанавливать не менее 8 пневмоподушек на каждую из цилиндрических частей деки. Во всех подушках можно обеспечить разное давление, оптимальное для конкретного этапа обмолота (рис. 2). Для эффективности управления качеством обмолота в каждую пневмоподушку устанавливают датчик давления с резистивным чувствительным элементом и два

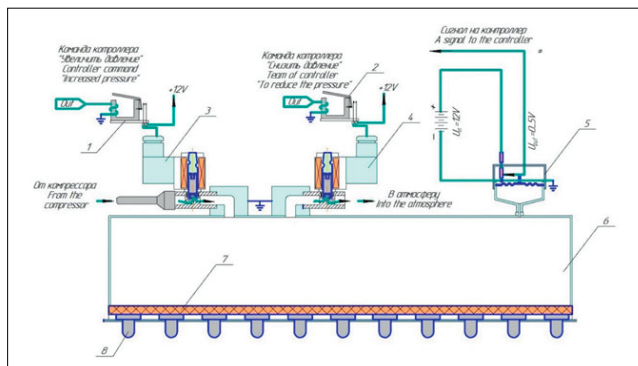


Рис. 2. Схема процесса регулирования давления в пневмоподушках деки молотильно-сепарирующего устройства:

1, 2 – реле; 3 – впускной клапан; 4 – выпускной клапан; 5 – датчик давления с резистивным чувствительным элементом; 6 – пневмоподушка; 7 – гибкая мембрана; 8 – шип

Fig. 2. Diagram of the airbag pressure control process in the threshing-and-separating unit

1, 2 – relays; 3 – inlet valve; 4 – outlet valve; 5 – pressure sensor with a resistive sensing element; 6 – airbag; 7 – flexible membrane; 8 – spike

электроклапана, один из которых предназначен для спуска давления в атмосферу, а второй – для подачи воздуха от компрессора с целью увеличения давления в подушке.

Положение мембраны зависит от давления в пневмоподушке и соответствует определенной силе прижатия шипов к початкам. Давление фиксируется как переменная величина в программе контроллера. Ес-

ли оператор на пульте управления задает значение давления в конкретной подушке меньше фактического, то контроллер, реагируя на положение мембраны, дает команду на переход электроклапана в положение «Снизить давление» (давление сбрасывается в атмосферу). Если оператор задает давление в конкретной подушке больше фактического, контроллер включает компрессор, который осуществляет подкачку, при этом электроклапан переходит в положение «Увеличить давление». Для подкачки и спуска воздуха следует управлять двумя клапанами в каждой из 16 пневмоподушек, для этого предусмотрены 32 управляющих реле. Для данной системы управления с последующим подключением ее к компьютеру рационально использовать микроконтроллер *Atmega 2560*, который быстро и эффективно реализует заданный алгоритм регулировки давления в пневмоподушках [9-13]. Так как сигналы считывают по каждой пневмоподушке отдельно, то и регулировку давления можно осуществлять адресно, то есть для каждой конкретной пневмоподушки.

Давление в пневмоподушке, толщина резины ее гибкого дна, глубина вдавливания пятки шипа в подушку и сила прижатия шипа к початку взаимосвязаны между собой. Для установления данной взаимосвязи провели экспериментальные исследования (таблица). По этим данным оператор программирует контроллер и добивается требуемого результата по показателю макро- и микроповреждений зерна при обмолоте.

Таблица		Table									
Сила вдавливания шипа в зависимости от толщины мембраны, давления в пневмоподушках и глубины вдавливания, Н PRESSING FORCE OF A SPIKE DEPENDING ON THE MEMBRANE THICKNESS, THE PRESSURE IN THE AIR BAGS AND THE PRESSING DEPTH, N											
Толщина резины, мм Rubber thickness, mm	Давление, атм./ Pressure, atm	Глубина вдавливания шипа, мм Pressing depth of a spike, mm									
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
2	0,4	2,96	7,54	11,18	16,15	20,33	24,38	28,61	33,06	36,81	41,84
2	0,5	4,26	11,54	18,25	25,03	30,45	36,74	41,87	46,47	50,96	**
2	0,6	5,84	13,81	21,76	29,74	38,06	45,85	53,22	**	**	**
3	0,4	4,99	11,09	16,72	22,18	27,43	32,7	38,23	**	**	**
3	0,5	6,53	11,89	19,04	26,66	32,51	40,68	46,97	**	**	**
3	0,6	8	16,53	24,79	33,79	43,19	**	**	**	**	**
4	0,4	5,93	12,97	19,48	24,72	30,59	36,21	42,36	48,5	**	**
4	0,5	7,46	17,02	25,54	34,32	42,61	48,63	**	**	**	**
4	0,6*	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**

* При толщине резиновой подошвы 4 мм и давлении 0,6 атм. шипы перестают вдавливаться в пневмоподушку и дифференцирование обмолачивающих сил прекращается.
 ** Достигается разрушающее усилие вдавливания 55 Н.
 * With a rubber sole thickness of 4 mm and a pressure of 0.6 atm., the spikes cease to be pressed into the airbag and the threshing forces equalize.
 ** A breaking force of 55 N is achieved.

Выводы

1. Аксиально-роторное МСУ с системой автоматизированного регулирования величины обмолачивающих сил повышает возможности дифференцированного обмолота початков семенной кукурузы. Выявили, что при толщине резиновой подошвы 4 мм и давлении 0,6 атм. шипы перестают вдавливать пневмоподушку и дифференцирование обмолачивающих сил прекращается. Разрушающее усилие вдавливания 55 Н достигается в определенных вариантах сочетания толщины мембраны, давления в пневмоподушках и глубины вдавливания шипа.

2. Автоматизация регулирования величины обмолачивающих сил достигается:

- применением деки, укомплектованной шипами, прижимаемыми к початкам посредством 16 независимых пневмоподушек с разным давлением внутри;
- программированием схемы распределения величин давления в каждой независимой пневмоподушке;
- управлением процессом посредством электроклапанов пневмоподушек, получающих обработанные микроконтроллером Atmega 2560 сигналы от ре-

зистивных датчиков давления.

3. Перспективная конструкция МСУ создает условия для снижения показателя макро- и микроповреждений зерна в процессе обмолота початков кукурузы и сохранения потенциала урожайности культуры.

Публикация является результатом исследований, проводимых в соответствии с федеральной научно-технической программой развития сельского хозяйства на 2017-2025 гг. (Постановление Правительства РФ от 25 августа 2017 г. № 996) и направленных на результативность реализации программы по показателю увеличения числа эффективных технологий обмолота семенной кукурузы.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Бахарев Д.Н., Вольвак С.Ф. Бионические основы разработки и конструирования эффективных шипов молотильно-сепарирующих устройств для кукурузы // *Инновации в АПК: проблемы и перспективы*. 2017. N3(15). С. 3-13.

2. Бахарев Д.Н., Вольвак С.Ф. Обоснование конструкции рабочих органов ориентирующе-дозировочного устройства для початков кукурузы // *Инновации в АПК: проблемы и перспективы*. 2018. N1(17). С. 3-16.

3. Капустин С.И., Ковтун Н.В., Капустин А.С., Бахарев Д.Н. Сортовая технология кукурузы. Луганск: ЛНАУ. 2013. 196 с.

4. Бахарев Д.Н., Вольвак С.Ф., Пастухов А.Г. Бионические основы конструирования молотильно-сепарирующих систем для початков кукурузы. Майский: Белгородский ГАУ. 2018. 168 с.

5. Труфляк Е.В., Кравченко В.С., Гончарова И.А. Изучение механического повреждения початка кукурузы при его отрыве в кукурузоуборочной жатке // *Научный журнал КубГАУ*. 2008. N38(4). С. 1-11.

6. Петунина И.А. Очистка и обмолот початков кукурузы. Краснодар: КубГАУ. 2007. 525 с.

7. Рунов Б.А. Применение робототехнических средств в АПК // *Сельскохозяйственные машины и технологии*. 2016. Т. 10. N2. С. 44-47.

8. Иванов Ю.А. Направления научных исследований по

созданию инновационной техники с интеллектуальными системами для животноводства // *Вестник ВНИИМЖ*. 2014. N3. С. 4-17.

9. Сыроватка В.И. Интеллектуальные системы управления технологическими процессами производства комбикормов в хозяйствах // *Вестник ВНИИМЖ*. 2013. N2(10). С. 48-60.

10. Кондратьева Н.П., Большин Р.Г., Краснолуцкая М.Г. Разработка микропроцессорных систем автоматического управления работой светодиодных облучательных установок // *Вестник Ижевской государственной сельскохозяйственной академии*. 2017. N4(53). С. 72-80.

11. Жалнин Э.В., Ценч Ю.С., Пьянов В.С. Методика анализа технического уровня зерноуборочных комбайнов по функциональным и конструктивным параметрам // *Сельскохозяйственные машины и технологии*. 2018. Т.12. N2. С. 4-8.

12. Бейлис В.М., Ценч Ю.С., Коротченя В.М., Старовойтов С.И., Кынев Н.Г. Тенденции развития прогрессивных машинных технологий и техники в сельскохозяйственном производстве // *Вестник ВИЭСХ*. 2018. N4(33). С. 150-156.

13. Трубилин Е.И., Сапрыкин В.Ю., Труфляк Е.В. Однорядный кукурузоуборочный комбайн для уборки початков сахарной кукурузы // *Техника и оборудование для села*. 2013. N8. С. 26-28.

REFERENCES

1. Bakharev D.N., Volvak S.F. Bionicheskie osnovy razrabotki i konstruirovaniya ehffektivnykh shipov molotilno-separiruyushchikh ustroystv dlya kukuruzy [Bionic basics for the development and design of effective spikes for corn threshing and separating units]. *Innovatsii v APK: problemy i perspektivy*. 2017. N3(15). 3-13 (In Russian).



2. Bakharev D.N., Volvak S.F. Obosnovanie konstruksii rabochikh organov orientiruyushche-doziruyushchego ustroystva dlya pochatkov kukuruzy [Rational for the design of the working elements of the orienting- and metering device for corn cobs]. *Innovatsii v APK: problemy i perspektivy*. 2018. N1 (17). 3-16 (In Russian).

3. Kapustin S.I., Kovtun N.V., Kapustin A.S., Bakharev D.N. Sortovaya tekhnologiya kukuruzy: monografiya [Corn variety technology: Monograph]. Lugansk: LNAU. 2013. 196 (In Russian).

4. Bakharev D.N., Vol'vak S.F., Pastukhov A.G. Bionicheskie osnovy konstruirovaniya molotil'no-separiruyushchikh sistem dlya pochatkov kukuruzy: monografiya [Bionic basics for the design of threshing and separating systems for corn cobs: Monograph]. Maiskiy: Belgorodskiy GAU. 2018. 168 (In Russian).

5. Truflyak E.V., Kravchenko V.S., Goncharova I.A. Izucheniye mekhanicheskogo povrezhdeniya pochatka kukuruzy pri ego otrывe v kukuruzoborochnoy zhatke [Study of mechanical damage to a corn cob separated in the corn harvester]. *Nauchnyy zhurnal KubGAU*. 2008. N38 (4). 1-11 (In Russian).

6. Petunina I.A. Ochistka i obmolot pochatkov kukuruzy. Monografiya [Cleaning and threshing of corn cobs: Monograph]. Krasnodar: KubGAU. 2007. 525 (In Russian).

7. Runov B.A. Primeneniye robototekhnicheskikh sredstv v APK [The use of robotic tools in agriculture]. *Selskokhozyaystvennyye mashiny i tekhnologii*. 2016. N2. 44-47 (In Russian).

8. Ivanov Yu.A. Napravleniya nauchnykh issledovaniy po sozdaniyu innovatsionnoy tekhniki s intellektual'nymi sistemami dlya zhitovnovodstva [Directions of research on the development of innovative technological intelligent systems for livestock]. *Vestnik VNIMZH*. 2014. N3. 4-17 (In Russian).

9. Syrovatka V.I. Intellektualnye sistemy upravleniya tekhnologicheskimi protsessami proizvodstva kombikormov v khozyaystvakh [Intellectual control systems of technological processes of mixed feed production in farm enterprises]. *Vestnik VNIMZH*. 2013. N2(10). 48-60 (In Russian).

10. Kondratieva N.P., Bol'shin R.G., Krasnolutsкая M.G. Razrabotka mikroprocessornykh sistem avtomaticheskogo upravleniya rabotoy svetodiodnykh obluchatel'nykh ustanovok [Development of microprocessor-based automatic control systems for LED irradiation plants]. *Vestnik Izhevskoy gosudarstvennoy selskokhozyaystvennoy akademii*. 2017. N4 (53). 72-80 (In Russian).

11. Zhalnin E.V., Tsench Yu.S., P'yanov V.S. Metodika analiza tekhnicheskogo urovnya zernoborochnykh kombaynov po funktsional'nym i konstruktivnym parametram [Methods of analysis of the technical level of combine harvesters on functional and structural parameters]. *Selskokhozyaystvennyye mashiny i tekhnologii*. 2018. V. 12. N2. 4-8 (In Russian).

12. Beylis V.M., Tsench Yu.S., Korotchenya V.M., Starovoytov S.I., Kynev N.G. Tendentsii razvitiya progressivnykh mashinnykh tekhnologiy i tekhniki v selskokhozyaystvennom proizvodstve [Trends in the development of progressive machine technologies and machinery in agriculture]. *Vestnik VIESH*. 2018. N4(33). 150-156 (In Russian).

13. Trubilin E.I., Saprykin V.Yu., Truflyak E.V. Odnoryadnyy kukuruzoborochnyy kombayn dlya uborki pochatkov sakharnoy kukuruzy [Single row corn harvester for harvesting ears of sweet corn]. *Tekhnika i oborudovanie dlya sela*. 2013. N8. 26-28 (In Russian).

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Conflict of interest. The authors declare no conflict of interest.

Статья поступила в редакцию 15.02.2019
The paper was submitted
to the Editorial Office on 15.02.2019

Статья принята к публикации 03.04.2019
The paper was accepted
for publication on 03.04.2019