

Научная статья

УДК 631.354.2.631.55

DOI: 10.53914/issn2071-2243_2022_2_11

Совершенствование системы доработки колосового вороха

**Владимир Иванович Оробинский¹, Алексей Михайлович Гиевский²,
Вячеслав Анатольевич Гулевский³, Андрей Сергеевич Корнев^{4✉}, Даниил Алексеевич Подорванов⁵**
^{1, 2, 3, 4, 5}Воронежский государственный аграрный университет имени императора Петра I, Воронеж, Россия
⁴kornev.andr@mail.ru✉

Аннотация. В работе зерноуборочных комбайнов, не смотря на их постоянное совершенствование, сохраняются определенные недостатки, к которым можно отнести возникновение циркуляционных процессов. Одно и то же зерно несколько раз проходит через систему домолота, что в значительной мере увеличивает вероятность его травмирования. Поврежденное зерно имеет малый срок хранения и низкие посевные качества. Для устранения данной проблемы необходимо совершенствовать систему домолота зерноуборочного комбайна, а именно – внедрять в серийные конструкции современные технические решения. С целью определения эффективности применения новых технических решений по домолоту зернового вороха в лабораторных условиях провели экспериментальные исследования. В эксперименте сравнивали работу трех конструкций домолачивающих устройств, а именно: домолачивающее устройство, установленное на комбайне РСМ-101 «Вектор», модернизированный шнековый барабан и домолачивающее устройство, выполненное по патенту на полезную модель № 152408. Исследование проводили на ворохе озимой пшеницы. Влажность зерна, входящего в состав зернового вороха, составляла 15,4%. В результате проведенных исследований выявили, что при увеличении загрузки очистки зерноуборочной машины с 1,0 до 7,0 кг/с наблюдается снижение дробления. С увеличением массы мелкого перемолоченного вороха, подаваемого на очистку, увеличивается и его выход в камеру колосового шнека, т.е. на повторный обмолот. С увеличением количества подачи вороха в камеру домолачивающего устройства снижается вероятность соприкосновения элементов рабочих органов с зерновками, что, в свою очередь, приводит к снижению как дробления, так и микротравмирования зерна. Применение конструкции домолачивающего устройства, изготовленного по патенту № 152408, в сравнении с заводским вариантом позволяет снизить дробление семян в 2,6–3,0 раза, что указывает на целесообразность совершенствования серийных конструкций домолачивающих устройств.

Ключевые слова: зерноуборочные комбайны, зерновой ворох, система доработки колосового вороха, травмирование семенного материала, повышение качества семян

Для цитирования: Оробинский В.И., Гиевский А.М., Гулевский В.А., Корнев А.С., Подорванов Д.А. Совершенствование системы доработки колосового вороха // Вестник Воронежского государственного аграрного университета. 2022. Т. 15, № 2(73). С. 11–17. https://doi.org/10.53914/issn2071-2243_2022_2_11–17.

TECHNOLOGIES AND MECHANICAL MEANS IN AGRICULTURE (ENGINEERING SCIENCES)

Original article

Improvement of postharvest grain heap finish threshing system

**Vladimir I. Orobinskiy¹, Aleksey M. Gievsky², Vyacheslav A. Gulevsky³,
Andrey S. Kornev^{4✉}, Daniil A. Podorvanov⁵**

^{1, 2, 3, 4, 5}Voronezh State Agrarian University named after Emperor Peter the Great, Voronezh, Russia

⁴kornev.andr@mail.ru✉

Abstract. Grain harvesters, despite their constant improvement, retain certain disadvantages, which include the occurrence of circulation processes. The same grain passes through the threshing system several times, which greatly increases the probability of its damage. That is why damaged grain has a short shelf life and low sowing qualities. In order to fix that, it is necessary to improve the system of grain harvester finish threshing, namely, to introduce modern technical solutions into serial designs. The authors conducted experimental studies in laboratory conditions aimed at determining the effectiveness of the use of new engineering solutions for finish threshing of grain heap. In the experiment, the work of three designs of additional threshing devices was compared, namely: an additional threshing device installed on the RSM-101 Vector combine, an upgraded screw drum, and a device made according to utility model patent 152408. The study was carried out on a grain heap of winter wheat. The moisture content of the grain in the grain heap was 15.4%. The conducted study results show that with an increase in the cleaning load of the grain

harvester from 1.0 to 7.0 kg/s, a decrease in grain damage is observed. With an increase in the mass of fed for cleaning fine grinded heap, its output into the chamber of tailings screw conveyor increases, i.e. for recycling threshing. With an increase in the amount of heap feeding into the chamber of the finish threshing device, the probability of contact of the elements of the working bodies with the grains decreases, which in turn leads to a decrease in both crushing and microtrauma of grain. The use of the design of the finish threshing device manufactured according to patent 152408, in comparison with the factory version, reduces seed damage by 2.6-3.0 times. This indicates the expediency of improving serial designs of finish threshing devices.

Keywords: combine harvesters, grain heap, finish threshing system, seed material damage, seed quality improvement

For citation: Orobinsky V.I., Gievsky A.M., Gulevsky V.A., Kornev A.S., Podorvanov D.A. Improvement of postharvest grain heap finish threshing system. *Vestnik of Voronezh State Agrarian University*. 2022;15(2):11-17. (In Russ.). https://doi.org/10.53914/issn2071-2243_2022_2_11-17.

В настоящее время основным технологическим средством для уборки выращиваемых культур в хозяйствах России является зерноуборочный комбайн. Развитие отрасли сельхозмашиностроения неразрывно связано с обеспечением нашего государства продуктами растениеводства собственного производства. Основным производителем зерноуборочных машин в России является ООО «Комбайновый завод «Ростсельмаш», за рубежом – такие компании, как Fendt, Deutz-Fahr, AGCO, Case, Class, John Deere, CNH, New-Holland, Massey Ferguson. Следует отметить, что компании по выпуску зерноуборочной техники постоянно совершенствуют свои модельные ряды [1, 8, 10, 11].

Эффективность работы зерноуборочной техники характеризуют качественные показатели продуктов обмолота, которые зависят от зоны возделывания той или иной культуры, ее физико-механических свойств, конструктивных и режимных показателей работы молотильно-сепарирующего устройства и системы доработки колосового вороха. Известно, что при работе зерноуборочной машины в молотилке наблюдаются циркуляционные процессы [3, 6]. Одно и то же зерно несколько раз проходит через систему домолота. Многократное воздействие рабочих органов на зерновки приводит к повышению их травмирования и резкому снижению посевных качеств. Травмированные семена в большей степени подвергаются воздействию микроорганизмов и соответственно плохо хранятся [5, 6].

Технические решения, разработанные для устранения данной проблемы можно систематизировать и разделить на несколько групп:

- обмолот колосового вороха основным барабаном;
- комбинированная доработка колосового вороха;
- доработка домолачивающим устройством в едином потоке;
- домолот автономным устройством с возвратом его на очистку комбайна.

Один из вариантов исполнения домолачивающего устройства зерноуборочного комбайна рассмотрим на примере РСМ-101 «Вектор», который включает в себя домолачивающее устройство колосового вороха, содержащее корпус, закрепленный на левой панели молотилки, соединенный с верхней головкой колосового элеватора трехлопастный ротор, установленный шарнирно в корпусе в опорах, фрикционную накладку, распределительный шнек, установленный на двух подшипниках, и обечайку [4, 7].

К недостаткам данной конструкции домолачивающего устройства можно отнести низкую эффективность выделения зерна из колосового вороха, забивание конструкции влажными зерновками убираемых культур, высокий уровень их дробления и травмирования, что приводит к снижению производительности зерноуборочных машин.

Устройство для доработки колосового вороха, выполненное по патенту № 157767 [9], оригинально вписывается в общую технологическую схему зерноуборочной машины, не требует больших материальных и денежных затрат.

Общий вид домолачивающего устройства представлен на рисунке 1.

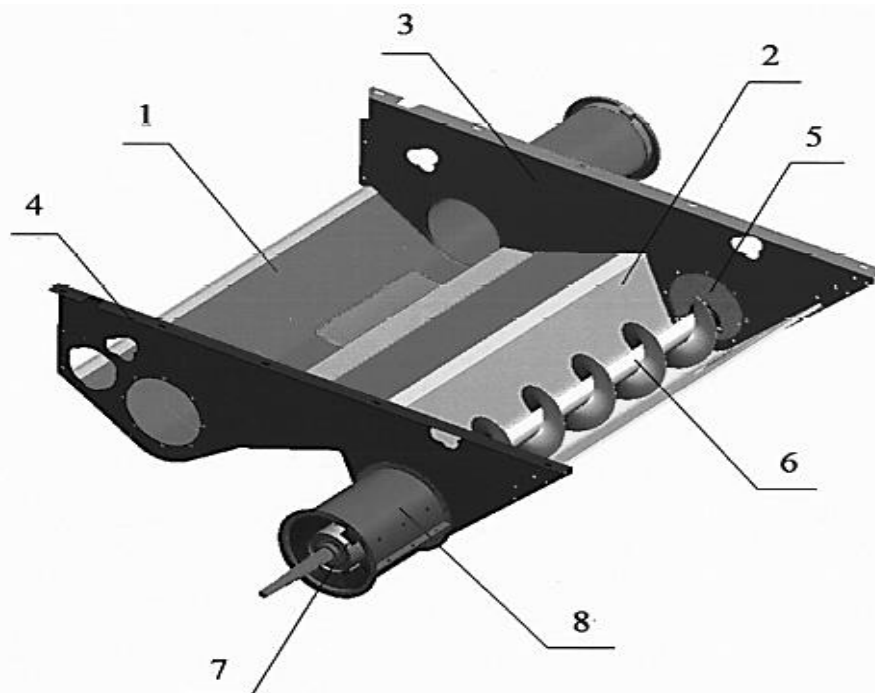


Рис. 1. Общий вид устройства для домолота колосового вороха: 1 – кожух колосового шнека; 2 – желоб; 3 – правая боковина кожуха; 4 – левая боковина кожуха; 5 – фланец; 6 – колосовой шнек; 7 – роторный барабан; 8 – горловина

Устройство для доработки колосового вороха, представленное на рисунке 1, работает следующим образом. Зерновая смесь, включающая в себя необмолоченные колосья, свободно обмолоченное зерно, половистые и солоmistые примеси, сепарируется через верхнее решето, удлинитель верхнего решета, а сходящая часть с нижнего решета попадает в камеру колосового шнека. Колосовой шнек подает эту массу в молотильный зазор между роторным барабаном 7 с рифлеными бичами и деками. За счет протаскивания и перетирания колосового вороха происходит выделение оставшегося зерна в колосьях. Затем обмолоченная масса колосовым элеватором транспортируется в корпус распределительного шнека и далее последним подается на транспортную доску. К недостаткам данного технического решения можно отнести высокий уровень дробления и микротравмирования семенного материала шнековыми устройствами. Задачей проектно-конструкторских организаций в области комбайностроения должна стать разработка научно обоснованных рекомендаций по оптимизации режимов обмолота, увеличению производительности зерноуборочных машин, снижению потерь и травмирования зерна.

Из множества конструкций автономных домолочивающих устройств наибольший интерес представляет конструкция, разработанная коллективом ООО «Комбайновый завод «Ростсельмаш» и выполненная по патенту на полезную модель № 152408 от 27.05.2015 г. Данное техническое решение конструктивно вписывается в технологическую схему комбайна и легко монтируется [2].

Предполагается, что использование такого технического решения в конструкции зерноуборочного комбайна позволит повысить качество выделения зерна зернобобовых культур из колосового вороха, снизить дробление и травмирование.

Для достижения указанного технического результата в предложенное устройство, содержащее корпус, закрепленный на левой панели молотилки и соединенный с верхней головкой колосового элеватора, распределительный шнек, установленный на двух подшипниках, и обечайку, введены два битера и четыре опоры, при этом битеры шарнирно установлены в корпусе на опорах и представляют собой барабаны, снабженные рабочими элементами в виде петлевидных зубьев, причем зубья выполнены из

прутков круглого сечения. Зубья первого битера смещены в осевом направлении на полшага так, чтобы зубья второго битера свободно проходили между зубьями первого битера. Битеры совершают вращение в противоположных направлениях, при этом колосовой ворох проходит между ними.

Общий вид домолачивающего устройства представлен на рисунке 2, основные узлы – на рисунке 3.

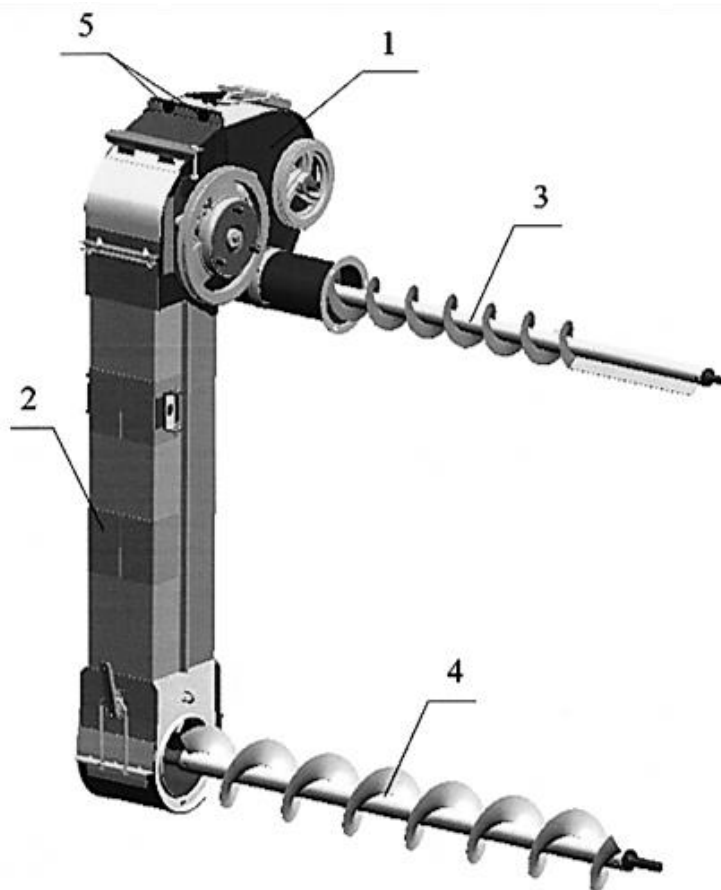


Рис. 2. Общий вид домолачивающего устройства: 1 – домолачивающее устройство; 2 – колосовой элеватор; 3 – распределительный шнек; 4 – колосовой шнек; 5 – болтовое соединение

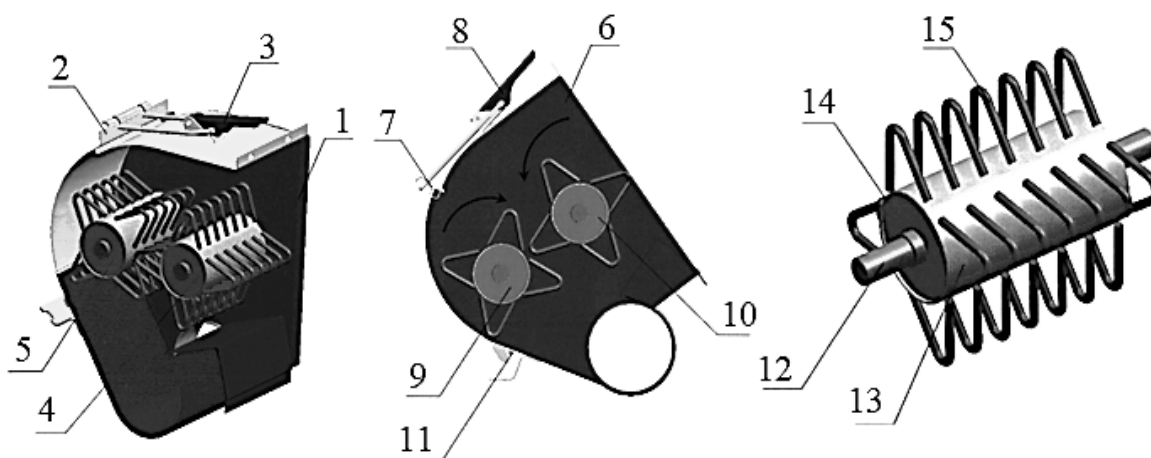


Рис. 3. Основные узлы домолачивающего устройства: 1, 6 – корпус; 2, 7 – обечайка; 3, 8 – замок; 4, 5, 9, 10 – битеры; 11 – ось; 12 – вал; 13 – труба; 14 – диски; 15 – зубья

Колосовой ворох, представляющий собой сложную смесь оборванных необмолоченных колосьев, половистых, солоmistых частиц и свободно обмолоченного зерна, подается к колосовому элеватору 2 и далее выбрасывается сверху в корпус домолачивающего устройства 1. Поступающий ворох подхватывается зубьями 15 битера и подается в пространство между вращающимися в противоположные по ходу движения колосового вороха битерами. Компоненты вороха подвергаются сжатию и изгибу между битерами, тем самым обеспечивается выделение оставшегося зерна из колосьев. Далее обмолачиваемая масса подается на распределительный шнек 3 (рис. 2) и стрясную доску (на рисунке не показана).

Для подтверждения эффективности использования предлагаемого технического решения в лабораторных условиях провели экспериментальные исследования. В эксперименте сравнивали работу трех конструкций домолачивающих устройств, а именно: домолачивающее устройство, установленное на комбайне РСМ-101 «Вектор», модернизированный шнековый барабан (рис. 1) и домолачивающее устройство, изготовленное по патенту № 152408. Исследование проводили на ворохе озимой пшеницы. Влажность зерна, входящего в состав зернового вороха, составляла 15,4%.

Результаты лабораторных исследований представлены в таблице и на рисунке 4.

Влияние загрузки очистки на дробление зерна озимой пшеницы

Вариант используемой системы	Подача вороха на очистку, кг/с						
	1	2	3	4	5	6	7
	Дробление зерна, %						
Домолачивающее устройство комбайна РСМ-101 «Вектор»	2,60	2,43	1,93	1,80	1,55	1,20	0,90
Шнековый барабан	1,30	1,10	1,05	0,77	0,75	0,45	0,40
Домолачивающее устройство, выполненное по патенту № 152408	1,00	0,83	0,80	0,55	0,51	0,25	0,10

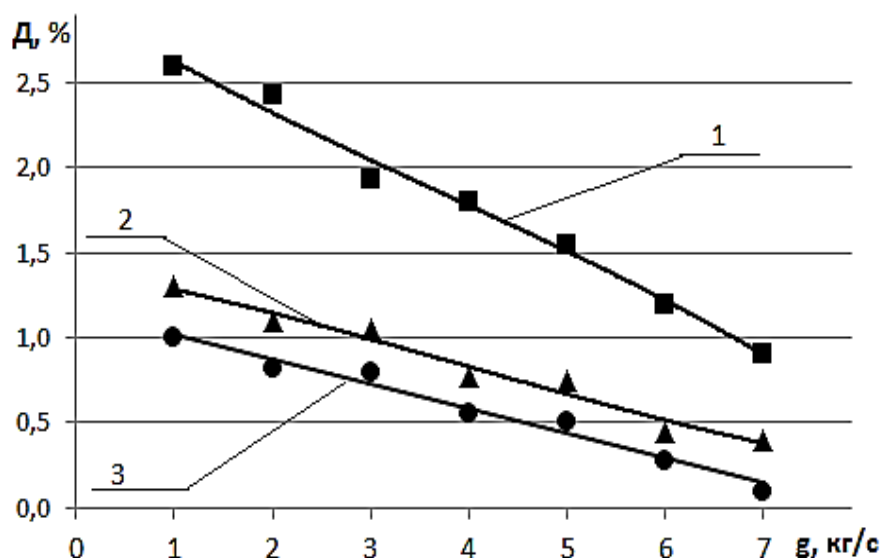


Рис. 4. Зависимость дробления зерна озимой пшеницы от загрузки домолачивающего устройства и его конструкции: 1 – домолачивающее устройство комбайна РСМ-101 «Вектор»; 2 – шнековый барабан; 3 – домолачивающее устройство, выполненное по патенту № 152408

Данные, представленные на рисунке 4, показывают, что с увеличением загрузки очистки зерноуборочной машины с 1,0 до 7,0 кг/с снижается процент повреждаемого зернового и семенного материала. С увеличением массы мелкого перемолоченного вороха, подаваемого на очистку, увеличивается и его выход в камеру колосового шнека, то есть на повторный обмолот. С увеличением количества подаваемого вороха в камеру домолачивающего устройства снижается вероятность соприкосновения элементов рабочих органов с зерновками, что, в свою очередь, приводит к снижению как дробления, так и микротравмирования зерна.

Применение конструкции домолачивающего устройства, изготовленного по патенту № 152408, в сравнении с заводским вариантом позволяет снизить дробление семян в 2,6–3,0 раза. В связи с этим можно сделать вывод о целесообразности модернизации отечественных зерноуборочных комбайнов путем установки данных домолачивающих устройств, что выполнимо в условиях сельскохозяйственных предприятий и небольших крестьянских (фермерских) хозяйств собственными силами и позволит повысить качество зернового вороха в процессе уборки за счет сокращения количества травмированного зернового материала.

Список источников

1. Винеvский Е.И., Трубилин Е.И. Оценка конкурентоспособности отечественных и зарубежных зерноуборочных комбайнов // Институциональные преобразования АПК России в условиях глобальных вызовов: сборник тезисов по материалам II Международной конференции (Краснодар, 30–31 октября 2018 г.). Краснодар: ФГБОУ ВО Кубанский ГАУ, 2018. С. 66.
2. Домолачивающее устройство колосового вороха: пат. на полезную модель 152408 Рос. Федерация. № 2015100973/13; заявл. 12.01.2015; опубл. 12.01.2015. Бюл. № 15. 11 с.
3. Наумов Н.А. Обзор конструкций домолачивающих устройств колосового вороха зерноуборочного комбайна // Наука и молодежь: новые идеи и решения: материалы XIII Международной научно-практической конференции молодых исследователей (Волгоград, 20–22 марта 2019 г.). Волгоград: ФГБОУ ВО Волгоградский ГАУ, 2019. С. 323–325.
4. Никитин В.В. Совершенствование технологической схемы зерноуборочного комбайна и параметров его рабочих органов: дис. ... д-ра техн. наук: 05.20.01. Воронеж, 2021. 350 с.
5. Оробинский В.И., Баскаков И.В., Чернышов А.В. Снижение травмирования зерна при уборке: монография. Воронеж: ФГБОУ ВО Воронежский ГАУ, 2017. 161 с.
6. Оробинский В.И., Гулевский В.А., Корнев А.С. и др. Пути снижения циркуляционной нагрузки в молотилке зерноуборочного комбайна // Вестник Воронежского государственного аграрного университета. 2021. Т. 14, № 3(70). С. 26–31. DOI: 10.53914/issn2071-2243_2021_3_26.
7. Ряднов А.И., Тронев С.В., Стенковой А.П. Усовершенствованное домолачивающее устройство // Сельский механизатор. 2011. № 7. С. 11.
8. Труфляк Е.В., Трубилин Е.И. Современные зерноуборочные комбайны: учебное пособие для студентов высших учебных заведений, обучающихся по направлению «Агроинженерия». Краснодар: ФГБОУ ВПО Кубанский ГАУ, 2013. 320 с.
9. Устройство домолота колосового вороха: пат. на полезную модель 157767, Рос. Федерация. № 2015100403/13; заявл. 12.01.2015; опубл. 10.12.2015. Бюл. № 34. 12 с.
10. Ovchinnikov A.S., Ryadnov A.I., Fedorova O.A., et al. Evaluation of reliability of sorghum harvester // ARPN Journal of Engineering and Applied Sciences. 2017. Vol. 12, no. 7. Pp. 2277–2284.
11. Rjadnov A.I., Fedorenko V.F., Fedorova O.A., et al. Improvements in Broom Corn Harvesting Process // Engineering Technologies and Systems. 2019. Vol. 29, no. 4. Pp. 635–651. DOI: 10.15507/2658-4123.029.201904.635-651.

References

1. Vinevskiy E.I., Trubilin E.I. Otsenka konkurentosposobnosti otechestvennykh i zarubezhnykh zerno-uborochnykh kombaynov [Evaluation of the competitiveness of domestic and foreign combine harvesters]. Institutional'nye preobrazovaniya APK Rossii v usloviyakh global'nykh vyzovov: Sbornik tezisov po materialam II Mezhdunarodnoj konferentsii, (Krasnodar, 30-31 oktyabrya 2018 g.) [Institutional transformations of the Agro-Industrial Complex of Russia in the context of global challenges: a collection of abstracts based on the proceedings of the II International Conference (Krasnodar, October 30-31, 2018)]. Krasnodar: Kuban State Agrarian University Press; 2018:66. (In Russ.).
2. Domolachivayushcheye ustroystvo kolosovogo vorokha [Finish threshing device of the grain heap]: patent na poleznuyu model' 152408 Ros. Federatsiya. № 2015100973/13; zayavleno 12.01.2015; opublikovano 12.01.2015, Byul. № 15 = Utility Model Patent 152408 Russian Federation. No. 2015100973/13; claimed 12.01.2015; published 12.01.2015, Bulletin 15. 11 p. (In Russ.).

3. Naumov N.A. Obzor konstruksij domolachivayushchikh ustroystv kolosovogo vorokha zernoubo-rochnogo kombayna [Review of the designs of the threshing devices of the grain heap of the combine harvester]. Nauka i molodiosh': novye idei i resheniya: materialy XIII Mezhdunarodnoj nauchno-prakticheskoy konferentsii molodykh issledovatelej (Volgograd, 20-22 marta 2019 g.) [Science and Youth: New Ideas and Solutions: Proceedings of the XIII International Scientific and Practical Conference of Young Researchers (Volgograd, March 20-22, 2019)]. Volgograd: Volgograd State Agrarian University Press; 2019:323-325. (In Russ.).

4. Nikitin V.V. Sovershenstvovanie tekhnologicheskoy skhemy zernoubo-rochnogo kombayna i parametrov ego rabochikh organov [Improving the technological scheme of the combine harvester and the parameters of its working bodies]: dissertatsiya ... doktora tekhnicheskikh nauk = Doctoral Dissertation in Engineering Sciences: 05.20.01. Voronezh; 2021. 350 p. (In Russ.).

5. Orobinskiy V.I., Baskakov I.V., Chernyshov A.V. Snizheniye travmirovaniya zerna pri uborke [Reduction of grain injury during harvesting]. Voronezh: Voronezh State Agrarian University Press; 2017. 161 p. (In Russ.).

6. Orobinsky V.I., Gulevsky V.I., Kornev A.S. et al. Puti snizheniya tsirkulyatsionnoy nagruzki v molotilke zernoubo-rochnogo kombayna [Ways to reduce the circulation load in the threshing machine of a combine harvester]. *Vestnik Voronezhskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta = Vestnik of Voronezh State Agrarian University*. 2021;14(3):26-31. DOI: 10.53914/issn2071-2243_2021_3_26. (In Russ.).

7. Ryadnov A.I., Tronev S.V., Stenkovoy A.P. Usovershenstvovannoye domolachivayushchee ustroystvo [Improved finish threshing device]. *Sel'skiy mekhanizator = Agricultural Engineer*. 2011;7:11. (In Russ.).

8. Truflyak E.V., Trubilin E.I. Sovremennyye zernoubo-rochnyye kombajny: uchebnoe posobie dlya studentov vysshikh uchebnykh zavedeniy, obuchayushchikhsya po napravleniyu "Agroinzheneriya" [Modern combine harvesters: a textbook for students of higher educational institutions studying in the direction of "Agroengineering"]. Krasnodar: Kuban State Agrarian University Press; 2013. 320 p. (In Russ.).

9. Ustroystvo domolota kolosovogo vorokha [The device of the grain heap threshing]: pat. na poleznuyu model' 157767, Ros. Federatsiya. № 2015100403/13; zayavleno 12.01.2015; opublikovano 10.12.2015. Byul. № 34 = Utility Model Patent 157767 Russian Federation. No. 2015100403/13; claimed 12.01.2015; published 10.12.2015, Bulletin 34. 12 p. (In Russ.).

10. Ovchinnikov A.S., Ryadnov A.I., Fedorova O.A., et al. Evaluation of reliability of sorghum harvester. *ARPN Journal of Engineering and Applied Sciences*. 2017;12(7):2277-2284.

11. Riadnov A.I., Fedorenko V.F., Fedorova O.A., et al. Improvements in Broom Corn Harvesting Process. *Engineering Technologies and Systems*. 2019;29(4):635-651. DOI: 10.15507/2658-4123.029.201904.635-651.

Информация об авторах

В.И. Оробинский – доктор сельскохозяйственных наук, профессор, зав. кафедрой сельскохозяйственных машин, тракторов и автомобилей, декан агроинженерного факультета ФГБОУ ВО «Воронежский государственный аграрный университет имени императора Петра I», main@agroeng.vsau.ru.

А.М. Гиевский – доктор технических наук, профессор кафедры сельскохозяйственных машин тракторов и автомобилей ФГБОУ ВО «Воронежский государственный аграрный университет имени императора Петра I», aleksej.gievskij@mail.ru.

В.А. Гулевский – доктор технических наук, профессор кафедры математики и физики ФГБОУ ВО «Воронежский государственный аграрный университет имени императора Петра I», main@agroeng.vsau.ru.

А.С. Корнев – кандидат технических наук, доцент кафедры технологического оборудования, процессов перерабатывающих производств, механизации сельского хозяйства и безопасности жизнедеятельности ФГБОУ ВО «Воронежский государственный аграрный университет имени императора Петра I», kornev.andr@mail.ru.

Д.А. Подорванов – обучающийся агроинженерного факультета ФГБОУ ВО «Воронежский государственный аграрный университет имени императора Петра I», smachin@agroeng.vsau.ru.

Information about the authors

V.I. Orobinsky, Doctor of Agricultural Sciences, Professor, Head of the Dept. of Agricultural Machinery, Tractors and Cars, Dean of the Faculty of Rural Engineering, Voronezh State Agrarian University named after Emperor Peter the Great, main@agroeng.vsau.ru.

A.M. Gievsky, Doctor of Engineering Sciences, Professor, the Dept. of Agricultural Machinery, Tractors and Cars, Voronezh State Agrarian University named after Emperor Peter the Great, aleksej.gievskij@mail.ru.

V.A. Gulevsky, Doctor of Engineering Sciences, Professor, the Dept. of Mathematics and Physics, Voronezh State Agrarian University named after Emperor Peter the Great, main@agroeng.vsau.ru.

A.S. Kornev, Candidate of Engineering Sciences, Docent, the Dept. of Technological Equipment, Processing Plants' Processes, Agricultural Engineering, Health and Safety, Voronezh State Agrarian University named after Emperor Peter the Great, kornev.andr@mail.ru.

D.A. Podorvanov, Student, the Faculty of Rural Engineering, Voronezh State Agrarian University named after Emperor Peter the Great, smachin@agroeng.vsau.ru.

Статья поступила в редакцию 20.04.2022; одобрена после рецензирования 09.06.2022; принята к публикации 26.06.2022.

The article was submitted 20.04.2022; approved after revision 09.06.2022; accepted for publication 26.06.2022.

© Оробинский В.И., Гиевский А.М., Гулевский В.А., Корнев А.С., Подорванов Д.А., 2022