

ПУТИ СНИЖЕНИЯ ЦИРКУЛЯЦИОННОЙ НАГРУЗКИ В МОЛОТИЛКЕ ЗЕРНОУБОРОЧНОГО КОМБАЙНА

Владимир Иванович Оробинский
Вячеслав Анатольевич Гулевский
Андрей Сергеевич Корнев
Даниил Алексеевич Подорванов
Илья Геннадиевич Бачурин

Воронежский государственный аграрный университет имени императора Петра I

В растениеводческой отрасли процессу уборки и последующей очистке зерновых культур уделяется достаточное внимание. Эффективность работы зерноуборочной техники, является одним из главных параметров, влияющих на качество конечной продукции, поэтому актуальным является совершенствование рабочих узлов комбайнов. Анализ структурной схемы протекания технологического процесса работы очистки в комбайнах показывает, что на современных машинах используются различные системы доработки колосового вороха. Сравнительные экспериментальные исследования различных вариантов домолачивающих устройств, проведенные на предприятиях-партнерах Воронежского ГАУ, расположенных на территории Воронежской области, определили влияние количественного показателя подачи зернового вороха в зону очистки зерноочистительной машины на дробление зерна. Так, с ростом подачи количество дробленых зерновок снижается на всех вариантах исследований рассматриваемых домолачивающих устройств. При возрастании количества подаваемого материала на очистку увеличивается толщина обрабатываемого слоя на решетках, что снижает вероятность контакта элементов зерновой массы с частями конструкции системы очистки и рабочими органами транспортирующих устройств (колосовой шнек, скребковый транспортер). Обобщая результаты проведенных исследований, следует отметить, что снизить уровень травмирования семян и циркулирующую нагрузку можно за счет увеличения длины и площади очистки зерноуборочного комбайна, снижения интенсивности ударных нагрузок рабочих органов домолачивающего устройства, выделения обмолоченного зерна перед подачей его в устройство. Комплектация домолачивающего устройства одним из этих элементов позволяет снизить повреждение зерна в 1,8–2,1 раза. Исключение циркуляции зерна в молотилке комбайна при различных режимах ее работы позволяет снизить потери за очисткой на 0,3–1,4. Модернизация очистки современной зерноуборочной машины обеспечит сокращение количества свободного зерна, сошедшего в камеру колосового шнека, в среднем в 1,4 раза при увеличении длины жалюзийного решета на 0,2 м.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: зерноуборочный комбайн, решето, колосовой шнек, дробление зерна, зерновой ворох.

OPPORTUNITIES FOR CIRCULATING LOAD REDUCTION IN THE THRESHER OF A COMBINE HARVESTER

Vladimir I. Orobinsky
Vyacheslav A. Gulevsky
Andrey S. Kornev
Daniil A. Podorvanov
Ilya G. Bachurin

Voronezh State Agrarian University named after Emperor Peter the Great

In the plant cultivation industry, sufficient attention is paid to the process of harvesting and subsequent grain crops cleaning. The efficiency of grain harvesting equipment is one of the main parameters affecting the quality of the final yield, that's why the improvement of the working units of combines is relevant. The analysis of the structural scheme of the technological process of cleaning in combines shows that modern machines use various systems for finishing spiked cereals. Comparative experimental studies of various patterns of threshing devices carried out at partner enterprises of Voronezh State Agrarian University located in Voronezh Oblast have determined the influence of the quantitative indicator of grain heap feeding into the cleaning zone of the grain cleaning machine on grain crushing. So, with an increase in the feeding, the number of crushed grain decreases at all the patterns of the studies of the devices for finishing threshing. With an increase in the amount of material fed for cleaning, the thickness of the processed layer on the sieves increases, which reduces the probability of

contact of the grain mass elements with parts of the cleaning device and the working bodies of the conveying devices (tailing screw conveyor, scraper conveyor). Summarizing the results of the conducted studies, it should be noted that it is possible to reduce the level of damage of seeds and the circulating load by increasing the length and cleaning area of the combine harvester, as well as by reducing the intensity of shock loads of the working bodies of the finishing threshing device, separating the threshed grain before its feeding into the device. The complete set of the finishing threshing device with one of these elements allows reducing grain damage by 1.8-2.1 times. The exclusion of grain circulation in the combine thresher under various modes of its operation allows reducing losses during cleaning by 0.3-1.4. The modernization of the cleaning of a modern grain harvester will decrease the amount of free grain that has descended into the chamber of the tailing screw conveyor by an average of 1.4 times with an increase in the length of the louvered sieve by 0.2 m.

KEYWORDS: combine harvester, sieve, tailing screw conveyor, grain crushing, grain heap.

В современном сельском хозяйстве все шире применяются индустриальные технологии производства продукции, то есть такие технологии, которые базируются на использовании высокопроизводительных машин, оборудования, позволяющих минимизировать затраты ручного труда.

Основным и единственным техническим средством уборки выращиваемых культур в сфере АПК были и остаются зерноуборочные машины. Всесторонний анализ конструкций зерноуборочных машин отечественного и зарубежного исполнения позволяет обнаружить недостатки, оказывающие существенное влияние на уровень травмирования и потери зерна. Важнейшим и существенным недостатком современных машин, влияющих на степень травмирования семян и их потери, является наличие в их технологической схеме циркулирующей нагрузки (выход вороха в колосовой шнек и подача его на повторную обработку).

Наличие в технологической схеме такого нежелательного процесса приводит к увеличению цикличности нагружения зерновок, дробления и травмирования семян, снижения их посевных качеств и срока хранения. Анализ результатов многих исследований [1, 3, 6], направленных на выяснение причин, обуславливающих сход зерна в камеру колосового шнека зерноуборочной машины, позволил определить, что компоненты зернового вороха в камеру зернового шнека поступают двумя основными путями:

- прямым сходом, в результате малой эффективности процесса решетной сепарации, включающей удлинитель верхнего решета, позволяющий увеличить длину траектории полета зерновок, находящихся в межрешетном пространстве в сторону колосового шнека под воздействием импульсного колебания решет;
- напором воздушного потока, создаваемого вентилятором.

Динамическое воздействие решет на зерно при этом является основным.

Исследованиями [8, 10, 11, 12, 13] установлено, что на состав вороха циркулирующей нагрузки существенное влияние оказывает физико-механическое состояние культуры в момент обмолота, состава вороха, поступающего на очистку, регулируемых параметров молотильного аппарата и очистки, подачи хлебной массы в молотилку комбайна. Обработываемый ворох, который подается в зону очистки комбайна через решетчатые поверхности подбарабана и соломотряса, включает такие компоненты, как незерновые примеси (органические и минеральные), необмолоченные колосья и свободно обмолоченное зерно.

Особое негативное влияние на посевные и товарные качества зерна и семян оказывают микроорганизмы, развитие и размножение которых провоцируется огромным содержанием примесей в составе зернового вороха [2, 4, 5, 7]. Собираемый на транспортной доске очистки ворох разделяется на верхнем жалюзийном решете. Часть его просыпается на нижнее решето, продуваясь воздушным потоком, создаваемым вентилятором, а остальное поступает сходом на удлинитель верхнего решета.

Необмолоченные колосья, как правило, не разделяются на верхнем решете и идут сходом на удлинитель, на котором основная часть необмолоченных колосьев и

обмолоченного зерна поступает в камеру колосового шнека, а оставшаяся часть далее сходом попадает в копнитель и теряется. На нижнем решете, очищаясь от примесей, зерно просыпается и поступает в зерновой шнек, по которому идет далее в бункер комбайна. При этом небольшая часть вороха за счет ударных воздействий элементов решета на зерновки поступает в камеру колосового шнека. Легковесные незерновые примеси и часть примесей минерального происхождения выносятся воздушными потоками в копнитель комбайна.

Количественные соотношения разделения зернового вороха на различных сепарирующих элементах технологической цепи очистки зависят от режимов их работы и конструктивного исполнения, состава подаваемого вороха [9]. Масса, поступающая в колосовой шнек, транспортирующими рабочими органами подается в молотилку комбайна, где она домолачивается и подается на очистку комбайна. Пройдя повторно через очистку, часть ее снова выносятся в колосовой шнек и вновь возвращается в молотилку комбайна.

Структурная схема протекания технологического процесса работы очистки комбайна представлена на рисунке 1.

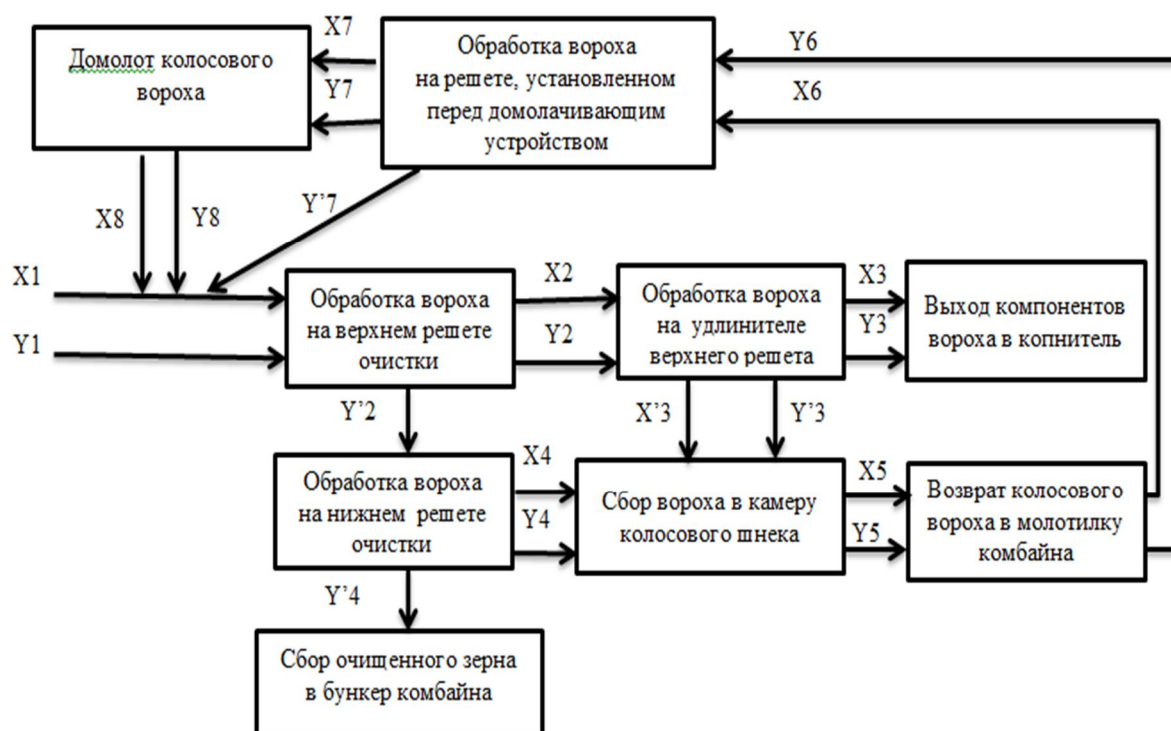


Рис. 1. Структурная схема протекания технологического процесса работы очистки зерноуборочного комбайна

Из всего многообразия устройств, для обработки колосового вороха, применяемых в конструкциях зерноуборочных машин отечественного и зарубежного исполнения, с целью снижения уровня травмирования семян, выноса вороха в камеру колосового шнека, наибольший интерес, по нашему мнению, представляют автономные домолачивающие устройства. Всесторонний анализ конструкций зерноуборочных машин показывает, что именно такого типа системы доработки колосового вороха используются на современных машинах. Результаты исследований различных вариантов использования конструкций домолачивающих устройств представлены в таблице и на рисунке 2.

ПРОЦЕССЫ И МАШИНЫ АГРОИНЖЕНЕРНЫХ СИСТЕМ

Влияние загрузки очистки комбайна на дробление зерна озимой пшеницы ее элементами

Вариант используемой системы	Показатели	Подача вороха на очистку, кг/с						
		1	2	3	4	5	6	7
№ 1	Дробление зерна элементами системы очистки, %	0,72	0,68	0,53	0,46	0,41	0,32	0,21
№ 2	Дробление зерна элементами системы очистки, а также домолачивающего устройства с разделительным решетом, %	1,20	0,98	0,92	0,74	0,68	0,61	0,50
№ 3	Дробление зерна элементами системы очистки, а также домолачивающего устройства с пассивным лотком, %	1,36	1,28	1,22	0,91	0,82	0,74	0,71
№ 4	Дробление зерна элементами системы очистки, а также домолачивающего устройства со снятыми молотками, %	1,58	1,46	1,28	0,98	0,89	0,79	0,76
№ 5	Дробление зерна элементами системы очистки, а также домолачивающего устройства с лопастной обоймой, %	1,98	1,66	1,48	1,12	0,98	0,88	0,81
№ 6	Дробление зерна элементами системы очистки, а также домолачивающего устройства, %	2,52	2,21	1,82	1,74	1,61	1,12	0,92

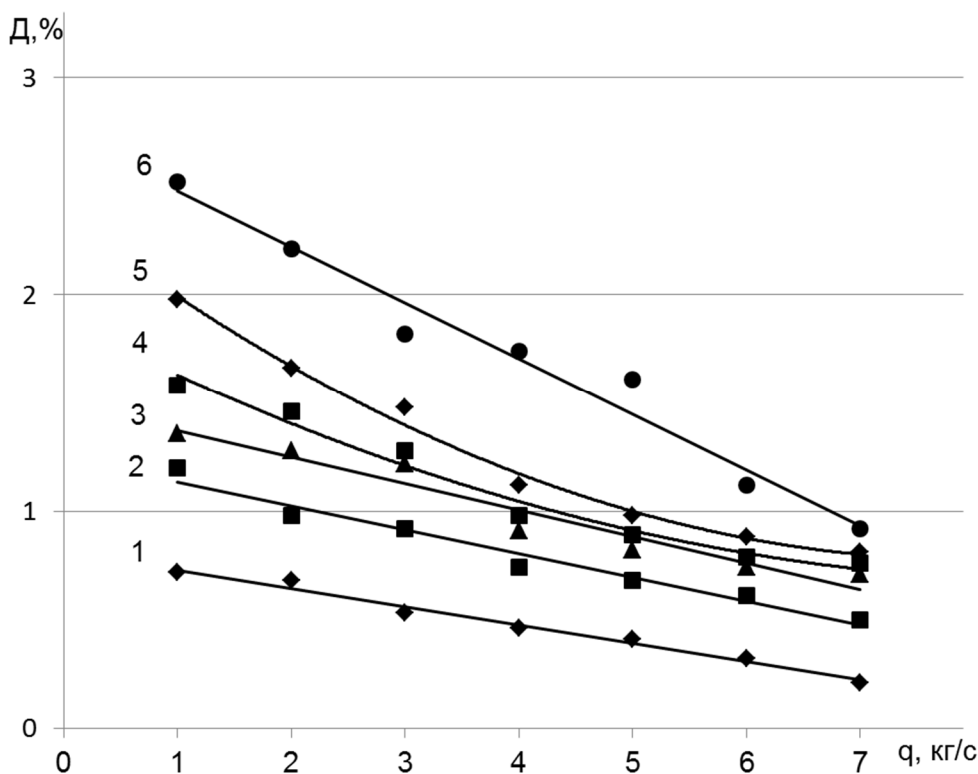


Рис. 2. Влияние загрузки очистки на дробление зерна озимой пшеницы

Из данных, представленных в таблице и на рисунке 2, видно, что с возрастанием подачи вороха в зону очистки зерноуборочной машины такой показатель, как дробление зерна, снижается во всех вариантах исследований домолачивающих устройств.

Увеличение подачи вороха на очистку способствует утолщению слоя обрабатываемого материала на решетках и снижению степени вероятного соударения зерновок с элементами конструкции очистки и транспортирующих рабочих органов (колосового шнека и скребкового транспортера).

Максимальное повреждение наблюдается в шестом варианте – 0,92–2,52%.

Ворох, поступающий в домолачивающее устройство заводского исполнения, подвергается ударам чугунными молотками устройства, протаскиванию и перетиранью ее в зазоре между глухой декой и рабочей поверхностью молотка. По нашему мнению, в данном варианте вероятность соударений зерновок с рабочими поверхностями устройства выше в сравнении с другими вариантами домолачивающих устройств. Наименьшее количество дробленого зерна, поданного на повторный обмолот, наблюдается во втором варианте и составляет 0,5 и 1,2%, увеличиваясь с уменьшением подачи вороха на очистку зерноуборочной машины.

Выделение свободно обмолоченного зерна на колеблющемся решете, установленном перед домолачивающим устройством, позволяет снизить уровень травмирования зерна за счет снижения вероятности его соприкосновения с рабочими органами домолачивающего устройства, а также существенно уменьшить массу циркулирующего вороха в зерноуборочном комбайне.

Обобщая результаты проведенных исследований, следует отметить, что снизить уровень травмирования семян и циркулирующую нагрузку можно за счет:

- увеличения длины и площади очистки зерноуборочного комбайна,
- снижения интенсивности ударных нагрузок рабочих органов домолачивающего устройства,
- выделения обмолоченного зерна перед подачей его в устройство.

Комплектация домолачивающего устройства одним из этих элементов позволяет снизить повреждение зерна в 1,8–2,1 раза.

Исключение циркуляции зерна в молотилке комбайна при различных режимах ее работы позволяет снизить потери за очисткой на 0,3–1,4%.

Модернизация очистки современной зерноуборочной машины, т. е. увеличение длины нижнего жалюзийного решета на 0,2 м, позволит снизить сход свободного зерна в камеру колосового шнека в среднем в 1,4 раза.

Библиографический список

1. Алдошин Н.В. Уборка зернобобовых культур методом очеса / Н.В. Алдошин, Н.А. Лылин, М.А. Мосяков // Дальневосточный аграрный вестник. – 2017. – № 1. – С. 67–74.
2. Анализ тенденций развития современных зерноочистительных и сортировальных машин / В.П. Чеботарев, И.В. Барановский, А.А. Князева и др. // Научно-технический прогресс в сельскохозяйственном производстве: матер. международной науч.-практ. конф. – Минск : НПЦ НАН Беларуси по механизации сельского хозяйства, 2010. – Т. 1. – С. 184–189.
3. Митрофанов Н.Н. Совершенствование обмолота сои зерноуборочным комплексом / Н.Н. Митрофанов // Тракторы и сельскохозяйственные машины. – 2006. – № 10. – С. 28–29.
4. Оценка повреждений зерна белого люпина при уборке урожая / Н.В. Алдошин и др. // Тракторы и сельхозмашины. – 2015. – № 2. – С. 26–29.
5. Повышение качества зерна / А.П. Тарасенко, В.И. Оробинский, М.Э. Мерчалова, С.В. Чернышов, А.В. Чернышов // Механизация и электрификация сельского хозяйства. – 2010. – № 10. – С. 7–10.

6. Тарасенко А.П. Влияние влажности зерна при уборке и послеуборочной обработке на его травмирование / А.П. Тарасенко, В.И. Оробинский, М.Э. Мерчалова // Зерновые культуры. Зерновое хозяйство. – 1999. – № 4. – С. 22–24.
7. Тарасенко А.П. Снижение травмирования семян при уборке и послеуборочной обработке / А.П. Тарасенко. – Воронеж : ФГОУ ВПО Воронежский ГАУ, 2003. – 331 с.
8. Тарасенко А.П. Роторные зерноуборочные комбайны : учеб. пособие / А.П. Тарасенко. – Санкт-Петербург : Лань, 2013. – 192 с.
9. Фракционные технологии и технические средства для качественной семенной очистки зерна / Ю.И. Ермолев, М.Н. Московский, М.В. Шелков, А.В. Бутовченко // Агромаркет. – 2006. – № 5. – С. 24–25.
10. Astanakulov K.D. Design of a grain cleaning machine for small farms / K.D. Astanakulov, Y.Z. Karimov, G. Fozilov // Journal AMA, Agricultural Mechanization in Asia, Africa and Latin America. – 2011. – Vol. 42 (4). – Pp. 37–40.
11. Comparative analysis of the functioning of sieve modules for grain cleaning machines / A. Butovchenko, A. Doroshenko, A. Kol'cov, V. Serdyuk // E3S Web Conferences: Innovative Technologies in Environmental Science and Education (ITESE-2019). Russia, Krasnodar Krai, Gelendzhik District, Divnomorskoe Village, Raduga Resort, 2019. – Vol. 135. – No. 01081. DOI: 10.1051/e3sconf/201913501081.
12. Concept Of Creating Energy-Resource-Saving Technologies For Harvesting Grain With Multifunctional Aggregates / G.G. Maslov, E.I. Trubilin, E.M. Yudina, N.A. Rinas // Research Journal of Pharmaceutical, Biological and Chemical Sciences. – 2018. – Vol. 9 (4). – Pp. 623–630.
13. Saitov V.E. Experimental substantiation of the effective height of a grain falling by a stream of liquid in an ergot release device / V.E. Saitov, V.G. Farafonov, A.V. Saitov // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science [Electronic Resource]. – Kurgan, 2019. – Vol. 341. – No. 012123. 10.1088/1755-1315/341/1/012123. DOI: 10.1088/1755-1315/341/1/012123.

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ Принадлежность к организации

Владимир Иванович 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», Россия, г. Воронеж, e-mail: main@agroeng.vsau.ru.

Вячеслав Анатольевич Гулевский – доктор технических наук, профессор кафедры математики и физики ФГБОУ ВО «Воронежский государственный аграрный университет имени императора Петра I», Россия, г. Воронеж, e-mail: main@agroeng.vsau.ru.

Андрей Сергеевич 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», Россия, г. Воронеж, e-mail: kornev.andr@mail.ru.

Даниил Алексеевич Подорванов – обучающийся агроинженерного факультета ФГБОУ ВО «Воронежский государственный аграрный университет имени императора Петра I», Россия, г. Воронеж, e-mail: smachin@agroeng.vsau.ru.

Бачурин Илья Геннадиевич – обучающийся агроинженерного факультета ФГБОУ ВО «Воронежский государственный аграрный университет имени императора Петра I», Россия, г. Воронеж, e-mail: smachin@agroeng.vsau.ru.

Дата поступления в редакцию 15.07.2021

Дата принятия к печати 18.08.2021

AUTHOR CREDENTIALS Affiliations

Vladimir 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, Russia, Voronezh, e-mail: main@agroeng.vsau.ru.

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

Andrey 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, Russia, Voronezh, e-mail: kornev.andr@mail.ru.

Daniil A. Podorvanov, Student of the Faculty of Rural Engineering, Voronezh State Agrarian University named after Emperor Peter the Great, Russia, Voronezh, e-mail: : smachin@agroeng.vsau.ru.

Ilya G. Bachurin, Student of the Faculty of Rural Engineering, Voronezh State Agrarian University named after Emperor Peter the Great, Russia, Voronezh, e-mail: : smachin@agroeng.vsau.ru.

Received July 15, 2021

Accepted after revision August 18, 2021