

УДК 631.354.2.076

UDC 631.354.2.076

4.3.1 Технологии машины и оборудование для агропромышленного комплекса (технические науки)

4.3.1 Technologies machines and equipment for the agro-industrial complex (technical sciences)

**ПРЕДПОСЫЛКИ И ПУТИ
СОВЕРШЕНСТВОВАНИЯ ВЕТРО-
РЕШЕТНОЙ СИСТЕМЫ ОЧИСТКИ
ЗЕРНОУБОРОЧНЫХ КОМБАЙНОВ**

**PREREQUISITES AND WAYS TO IMPROVE
THE WIND-SIEVE CLEANING SYSTEM OF
COMBINE HARVESTERS**

Рудой Дмитрий Владимирович
канд. техн. наук, доцент, декан факультета
«Агропромышленный»
РИНЦ SPIN-код: 3297-3460
rudoy.d@gs.donstu.ru
*Донской государственный технический
университет, Ростов-на-Дону, Российская
Федерация
Аграрный научный центр «Донской», г. Зерноград,
Российская Федерация*

Rudoy Dmitry Vladimirovich
Cand.Tech.Sci., associate professor, Dean of
Agribusiness faculty
RSCI SPIN-code: 3297-3460
rudoy.d@gs.donstu.ru
*Don State Technical University, Rostov-on-Don,
Russian Federation
Agrarian Research Center "Donskoy", Zernograd,
Russian Federation*

Алексаков Юрий Фёдорович
Директор технического центра
AleksakovUF@oaorsm.ru
*ООО «Комбайновый Завод «Ростсельмаш», г.
Ростов-на-Дону, Российская Федерация*

Aleksakov Yuri Fedorovich
Director of the technical center
AleksakovUF@oaorsm.ru
*JSK "Rostselmash", Rostov-on-Don, Russian
Federation*

Голев Борис Юрьевич
канд. техн. наук, Главный конструктор по машине
boris_golev@mail.ru
РИНЦ SPIN-код: 3006-4428
*ООО «Комбайновый Завод «Ростсельмаш», г.
Ростов-на-Дону, Российская Федерация
Донской государственный технический
университет, Ростов-на-Дону, Российская
Федерация*

Golev Boris Yurievich
Cand.Tech.Sci., Chief product engineer
boris_golev@mail.ru
RSCI SPIN-code: 3006-4428
*JSK "Rostselmash", Rostov-on-Don, Russian
Federation
Don State Technical University, Rostov-on-Don,
Russian Federation*

Мальцева Татьяна Александровна
канд. техн. наук, доцент
РИНЦ SPIN-код: 7418-8531
tamalceva@donstu.ru
*Донской государственный технический
университет, Ростов-на-Дону, Российская
Федерация*

Maltseva Tatyana Alexandrovna
Cand.Tech.Sci., associate professor
RSCI SPIN-code: 7418-8531
tamalceva@donstu.ru
*Don State Technical University, Rostov-on-Don,
Russian Federation*

Одним из важнейших процессов, происходящих в зерноуборочных комбайнах, является очистка зерна от сорных примесей и частиц соломы. Указанная функциональная система главенствующим образом определяет производительность комбайна. Процесс очистки является наиболее сложным и менее изученным из-за многофункциональности, заключающейся в транспортировке зернового вороха по различным элементам системы при одновременном обдуве потоком воздуха в местах перепадов решет и гребенок. Рассматриваемый квазидинамический процесс движения рабочей массы изменяет структуру воздушного потока при различной

One of the most important processes occurring in combine harvesters is the cleaning of grain from weed impurities and straw particles. This functional system primarily determines the productivity of the combine. The cleaning process is the most complex and less studied because of the versatility, which consists in transporting the grain pile through various elements of the system while simultaneously blowing air flow in places of differences of sieves and combs. The quasi-dynamic process of movement of the working mass under consideration changes the structure of the air flow at different feed rates, which additionally makes it difficult to coordinate the cleaning parameters depending on the harvested crop and the loading of the

подаче, что дополнительно вносит сложность согласования параметров очистки в зависимости от убираемой культуры и загрузки комбайна. С повышением урожайности и валового сбора зерна, возникает необходимость в увеличении производительности современных зерноуборочных комбайнов путем усовершенствования их конструкции. В статье представлены основные критерии, которые должны учитываться при совершенствовании сельскохозяйственных машин. Представлен обзор развития конструкций систем очистки с 1985 года по настоящее время. Предложена новая универсальная для зерноуборочных комбайнов система очистки, позволяющая увеличить производительность сбора урожая

Ключевые слова: ЗЕРНОУБОРОЧНЫЙ КОМБАЙН, СИСТЕМА ОЧИСТКИ, РЕШЕТА, ЖАЛЮЗИЙНОЕ РЕШЕТО, СТЯСНАЯ ДОСКА, СЕПАРИРОВАНИЕ, ПШЕНИЦА

combine. With increasing yields and gross grain harvest, there is a need to increase the productivity of modern combine harvesters by improving their design. The article presents the main criteria that should be taken into account when improving agricultural machinery. An overview of the development of cleaning system designs from 1985 to the present is presented. A new universal cleaning system for combine harvesters has been proposed, which allows increasing the productivity of harvesting

Keywords: COMBINE HARVESTER, CLEANING SYSTEM, SIEVES, LOUVERED SIEVE, SHAKING BOARD, SEPARATION, WHEAT

<http://dx.doi.org/10.21515/1990-4665-194-017>

Введение

Зерновые культуры являются основным сырьем продовольственного и кормового производства. За последние 5 лет урожайность зерновых культур в частности пшеницы увеличилась более чем на 30%: в 2018 году урожайность пшеницы составила 27,2 ц/га, в 2022 – 33,6 ц/га и 31,1 ц/га в 2023 году [1].

Динамика изменения урожайности пшеницы в России с 2000 по 2023 гг представлена на рисунке 1 (данные Росстат).

Такой рост обусловлен применением большего количества удобрений (например, в 2018 году вносилось 60 кг/га минеральных удобрений, в 2022 – 80 кг/га) и повышением энергообеспеченности производства сельскохозяйственных культур. В отдельных хозяйствах, благодаря применению новых удобрений, урожайность зерна может достигать более 100 ц/га («ЕвроХим», Орловская область, основной деятельностью которого является разработка новых удобрений для сельскохозяйственных культур). Мировой рекорд по урожайности зерна

<http://ej.kubagro.ru/2023/10/pdf/17.pdf>

был получен в 2022 году в Великобритании и составил 179,6 ц/га. Указанное значение достигнуто за счет применения комплекса удобрений и его системного внесения в почву (на старте, при появлении флагового листа и в период цветения).

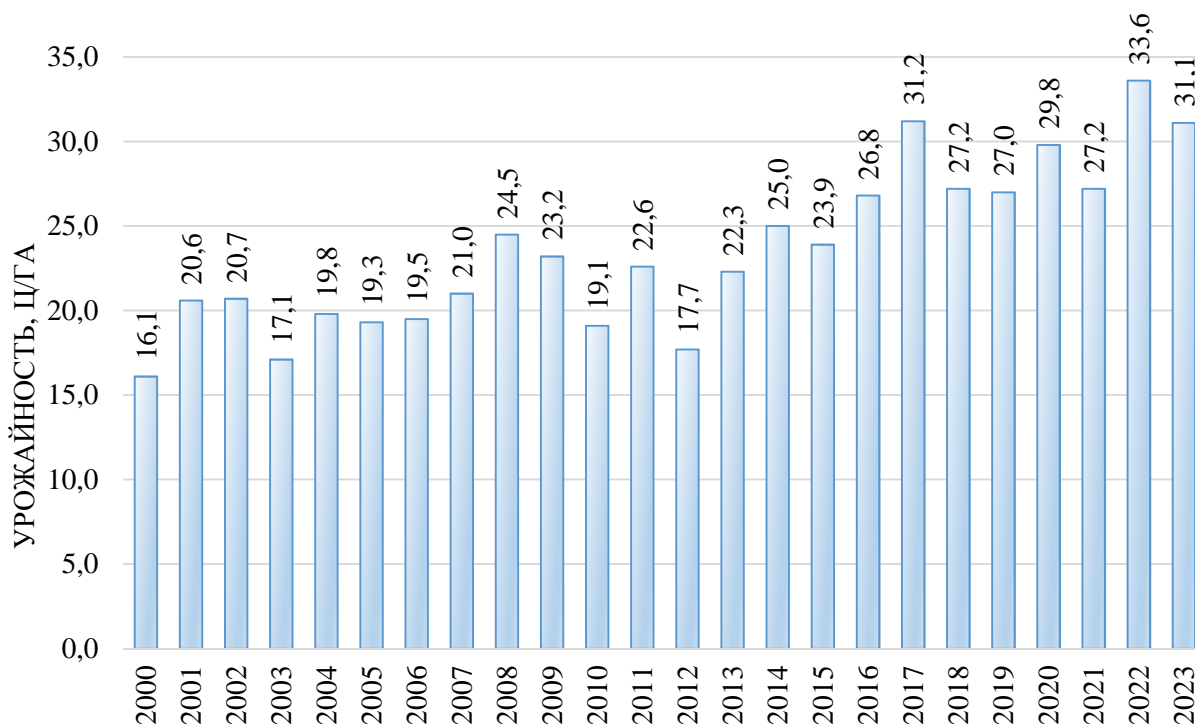


Рисунок 1 – Урожайность пшеницы в России за 2000-2023 гг

Помимо удобрений, повышение урожайности происходит за счет выведения методом селекции и использования новых сортов культур, обладающих засухоустойчивостью, морозостойкостью, устойчивостью к различным болезням и прочее.

В результате, с повышением урожайности и валового сбора пшеницы, возникает необходимость в увеличении производительности современных зерноуборочных комбайнов путем усовершенствования их конструкции, позволяющие убирать зерновую массу с высокой урожайностью в требуемые агротехнологические сроки.

Критерии усовершенствования сельскохозяйственных машин

При усовершенствовании сельскохозяйственной техники важно учитывать следующий критерий: стоимость владения, включающая в себя

затраты на ремонт, техническое обслуживание, расходы на топливо, квалификация обслуживающего персонала, оплата налогов, страховок, а также амортизационные отчисления, зависящие от срока службы машины. Важно отметить, что увеличение срока службы техники уменьшает динамику падения его стоимости в процессе эксплуатации. Высокий уровень расхода топлива закономерно влияет на себестоимость получаемой продукции, поэтому при совершенствовании функциональных систем, в особой степени по платформенным решениям [2], следует минимизировать энергетические затраты в рабочих органах зерноуборочных комбайнов при одновременном увеличении производительности.

Также, при изменении конструкции комбайнов необходимо учитывать ограничения по массе и габаритам при транспортировании по автомобильным (длина не более 14 м при перевозке на одиночном грузовике и 22 м при перевозке на автопоезде, ширина не более 2,55 м, высота не более 4 м) или железным дорогам, поскольку негабаритные и тяжеловесные грузы значительно удорожают стоимость перевозки. Кроме того, значительное увеличение массы комбайна будет оказывать негативное воздействие на качество почвы, уплотняя и снижая ее пористость. Указанное, негативно сказывается на урожайности, а также, наравне с эрозией почвы, является одной из самых серьезных экологических проблем, вызываемых традиционным сельским хозяйством.

Система ветро-решетной очистки зерноуборочных комбайнов.

Одним из важнейших процессов, происходящих в зерноуборочных комбайнах, является очистка зерна от сорных примесей и частиц соломы. Указанная функциональная система главенствующим образом определяет производительность комбайна. Процесс очистки является наиболее сложным и менее изученным из-за многофункциональности, заключающейся в транспортировке зернового вороха по различным

элементам системы при одновременном обдуве потоком воздуха в местах перепадов решет и гребенках. Рассматриваемый квазидинамический процесс движения рабочей массы изменяет структуру воздушного потока при различной подаче, что дополнительно вносит сложность согласования параметров очистки в зависимости от убираемой культуры и загрузки комбайна.

В соответствии с ГОСТ 28301-2007, номинальная производительность зерноуборочного комбайна определяется по уровню потерь зерна за молотилкой 1,5%, при этом дробление зерна и его засоренность не должны превышать 2,0% и 3,0 соответственно (условия, при которых отношение зерна к соломе составляет 1:1,5). В современных зерноуборочных комбайнах потери зерна в процессе очистки, наряду с потерями за молотильно-сепарирующим устройством играют существенную роль и с повышением урожайности и соломистости закономерно увеличиваются. В этой связи совершенствование систем ветро-решетной очистки зерноуборочных комбайнов является важнейшей задачей комбайностроения.

Производительность комбайнов - величина относительная и зависит от многих факторов. В таблице 1 представлены данные по производительности различных комбайнов. Для сравнительной оценки модельного ряда комбайнов «Ростсельмаш» с зарубежными аналогами использованы данные официальных ТУ и протоколы ЦЧ МИС.

Таблица 1 - Сравнительная производительность комбайнов

Наименование показателя	Нива-Эффект	Вектор	Acros-530	PCM-181	Lexion-570	John Deere 9880i
Пропускная способность, кг/с	5	7	10	12,5	15,5 ²⁾	15,5 ²⁾
Производительность по зерну, т/ч	не менее 7,2 ¹⁾	не менее 10 ¹⁾	не менее 14 ¹⁾	не менее 18 ¹⁾	22	22
Класс комбайна	3	4	5	6	7	7

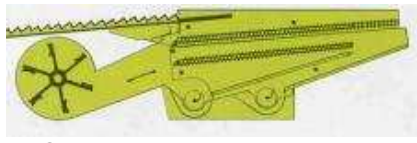
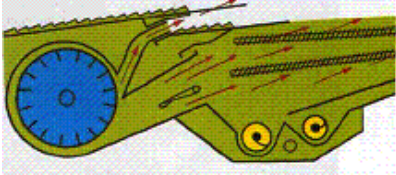
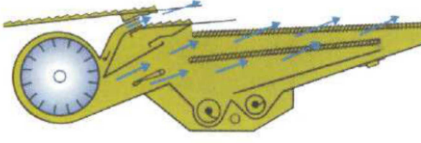





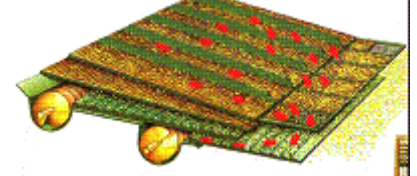

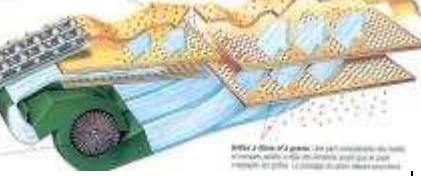

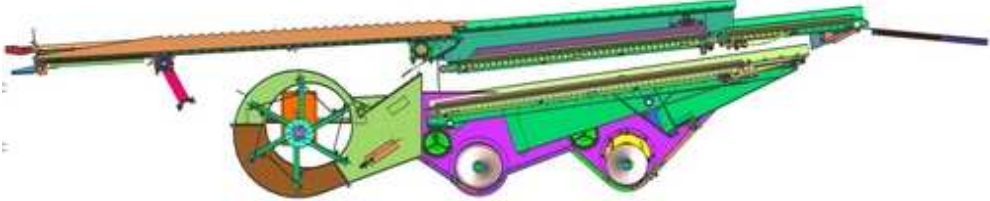
Примечание. 1) — по данным ТУ; 2) – протокол ЦЧ МИС от 11.09.06

В таблице 2 представлен сравнительный анализ совершенствования схемных и конструктивных решений системы очистки зерноуборочных комбайнов с 1985 года по 2006 год. В 1985-1990 гг выпускались комбайны с однокаскадной очисткой. После 1990 годов системы очистки претерпели значительные изменения за счет замены однокаскадной на двухкаскадную конструкцию, что позволило увеличить площадь просеивающей поверхности, увеличить производительность и снизить потери зерна в процессе очистки [3, 4]. В последующий период конструкции системы очистки менялись в меньшей степени. Компанией John Deere была разработана система очистки, увеличивающая площадь просеивающей поверхности за счет дополнительного решета, установленного под роторным барабаном (рисунок 1).



Рисунок 1 – Система очистки комбайна компании John Deere

Таблица 2 - Очистка

Производитель	1985...1990	1990...1995	1995...2000	2000...2007
Claas	 Однокаскадная очистка 3D	 Двухкаскадная очистка	 Двухкаскадная очистка	 Двухкаскадная очистка
New Holland	 Однокаскадная очистка	 Двухкаскадная очистка	 Двухкаскадная очистка	 Двухкаскадная очистка
John Deere	 Однокаскадная очистка	 Двухкаскадная очистка	 Двухкаскадная очистка	 Двухкаскадная очистка
Ростсельмаш Acros 530				

На основании обзора [3,4] и исследований авторов, в конструкцию очистки зерноуборочного комбайнов предлагается ввод дополнительного жалюзийного решета, установленного в каркас стрясной доски с обратным наклоном к горизонту относительно ступенчатых секций верхнего решетчатого стана, предназначенных для транспортировки сепарированной зерновой массы, ссыпанной с дополнительного жалюзийного решета, установленного в каркас доски стрясной. Дополнительно к указанному предложению расширены зоны перепада между каскадами, что интенсифицирует процесс очистки воздушным потоком, минимизируя попадание сорных примесей и частиц соломы на рабочую область решетчатого стана.

На данную систему подана заявка на изобретение. Заявляемое изобретение работает следующим образом. Зерновая масса, поступающая со стрясной доски, за счет ступенчатых досок, попадает на поверхность дополнительного решета. Применение обратного наклона дополнительного решета позволило увеличить объем проходящего сквозь него воздуха. Воздушный поток, создаваемый вентилятором, проходит сквозь дополнительное решето, разрыхляя движущуюся по нему зерновую массу. За счет этого интенсивность выделения зерна из зерновой массы увеличивается и просыпается на ступенчатую доску стана решет верхних и транспортируется на переднюю часть верхнего жалюзийного решета. В итоге на переднюю часть верхнего решета поступает подготовленная зерновая масса (зерно находится в нижних слоях) и зерно, которое выделилось при сепарации сквозь дополнительное решето. Установленная на конце дополнительного решета пальцевая решетка, предотвращает попадание в переднюю часть верхнего решета крупных фракций соломы, присутствующих в зерновой массе, что облегчает сепарацию зерна в этой зоне, при этом зерновая масса быстрее поступает на нижнее жалюзийное решето. Технический результат изобретения заключается в снижении

потерь зерна и в увеличении производительности очистки комбайна в целом.

Выводы

С повышением урожайности и валового сбора пшеницы, возникает необходимость в увеличении производительности современных зерноуборочных комбайнов путем модернизации их конструкции. При совершенствовании сельскохозяйственных машин важно учитывать стоимость владения и ограничения по массе и габаритам при транспортировании по автомобильным или железным дорогам.

Одним из важнейших процессов, происходящих в зерноуборочных комбайнах, является процесс очистки. В современных зерноуборочных комбайнах потери зерна в процессе очистки, наряду с потерями за молотильно-сепарирующим устройством играют существенную роль и с повышением урожайности и соломистости закономерно увеличиваются. В этой связи совершенствование систем ветро-решетной очистки зерноуборочных комбайнов является важнейшей задачей комбайностроения.

Сравнительный анализ совершенствования схемных и конструктивных решений системы очистки зерноуборочных комбайнов с 1985 года по настоящее время показал, что в 1985-1990 гг выпускались комбайны с однокаскадной очисткой. В 1990 годах конструкция системы очистки комбайнов претерпела значительные изменения за счет замены однокаскадной на двухкаскадную очистку. Далее конструкции системы очистки менялись в меньшей степени.

На основании обзора была в конструкцию очистки зерноуборочного комбайна введено дополнительное жалюзийное решето. Такая конструкция позволяет снизить потери зерна и увеличить производительность очистки

комбайна в целом. Предлагаемая система очистки будет реализована в новых зерноуборочных комбайнах.

Литература

1. Предварительные итоги уборочной 2023 [Электронный ресурс] URL: <https://agrotrend.ru/news/42564-predvaritelnye-itogi-uborochnoy-2023> (дата обращения: 22.11.2023)
2. Алексаков Ю.Ф. и др. Платформенные решения в сельскохозяйственном машиностроении / Инновационные технологии в науке и образовании (Конференция "ИТНО 2022"): Сб. науч. трудов X Юб. междунар. науч.-практ. конф. – Ростов-на-Дону: ООО "ДГТУ-ПРИНТ", 2022. – С. 14-17. – DOI 10.23947/itse.2022.14-17.
3. Miu P. Combine Harvesters: Theory, Modeling, and Design. Book, 2015. – 485 P.
4. Серый Г.Ф. и др. Зерноуборочные комбайны. – С.: Агропромиздат, 1986. – 248 с.

References

1. Predvaritel'nye itogi uborochnoj 2023 [Jelektronnyj resurs] URL: <https://agrotrend.ru/news/42564-predvaritelnye-itogi-uborochnoy-2023> (data obrashhenija: 22.11.2023)
2. Aleksakov Ju.F. i dr. Platformennye reshenija v sel'skhozajstvennom mashinostroenii / Innovacionnye tehnologii v nauke i obrazovanii (Konferencija "ITNO 2022"): Sb. nauch. trudov H Jub. mezhdunar. nauch.-prakt. konf. – Rostov-na-Donu: ООО "DGTU-PRINT", 2022. – S. 14-17. – DOI 10.23947/itse.2022.14-17.
3. Miu P. Combine Harvesters: Theory, Modeling, and Design. Book, 2015. – 485 P.
4. Seryj G.F. i dr. Zernouborochnye kombajny. – S.: Agropromizdat, 1986. – 248 s.