

Информация об авторах

Овчинников Алексей Семенович, доктор сельскохозяйственных наук, академик РАН, профессор, заведующий кафедрой «Прикладная геодезия, природообустройство и водопользование», ФГБОУ ВО Волгоградский ГАУ (Российская Федерация, 400002, г. Волгоград, проспект Университетский, д. 26), e-mail: oas_volgau@mail.ru

Бочарников Виктор Сергеевич, доктор технических наук, профессор кафедры «Прикладная геодезия, природообустройство и водопользование», ФГБОУ ВО Волгоградский ГАУ (Российская Федерация, 400002, г. Волгоград, проспект Университетский, д. 26), e-mail: bocharnikov_vs@mail.ru

Козинская Ольга Владимировна, кандидат сельскохозяйственных наук, доцент кафедры «Прикладная геодезия, природообустройство и водопользование», ФГБОУ ВО Волгоградский ГАУ (Российская Федерация, 400002, г. Волгоград, проспект Университетский, д. 26), e-mail: kozinska1977@mail.ru

Бочарникова Олеся Владимировна, доктор технических наук, профессор кафедры «Прикладная геодезия, природообустройство и водопользование», ФГБОУ ВО Волгоградский ГАУ (Российская Федерация, 400002, г. Волгоград, проспект Университетский, д. 26), e-mail: olesya.bocharnikova@mail.ru

Денисова Мария Алексеевна, кандидат технических наук, доцент кафедры «Прикладная геодезия, природообустройство и водопользование», ФГБОУ ВО Волгоградский ГАУ (Российская Федерация, 400002, г. Волгоград, проспект Университетский, д. 26), e-mail: masha2008-1988@mail.ru.

Author's Information

Ovchinnikov Aleksey Semenovich, Doctor of Agricultural Sciences, Academician of the Russian Academy of Sciences, professor, head of the department of "Applied geodesy, environmental management and water use", Volgograd State Agrarian University (Russian Federation, 400002, Volgograd, Universitetsky Avenue, 26), e-mail: oas_volgau@mail.ru

Kozinskaya Olga Vladimirovna, Candidate of Agricultural Sciences, Associate Professor of the Department of Applied Geodesy, Environmental Management and Water Use, Volgograd State Agrarian University (Russian Federation, 400002, Volgograd, Universitetsky Avenue, 26), e-mail: kozinska1977@mail.ru

Bocharnikov Viktor Sergeevich, Doctor of Engineering Sciences, Professor of the Department of Applied Geodesy, Natural Development and Water Use, Volgograd State Agrarian University (Russian Federation, 400002, Volgograd, Universitetsky Avenue, 26), e-mail: bocharnikov_vs@mail.ru

Bocharnikova Olesya Vladimirovna, Doctor of Engineering Sciences, Professor of the Department of Applied Geodesy, Natural Development and Water Use, Volgograd State Agrarian University (Russian Federation, 400002, Volgograd, Universitetsky Avenue, 26), e-mail: olesya.bocharnikova@mail.ru

Denisova Maria Alekseevna, Ph.D. in Engineering Sciences, Associate Professor of the Department of Applied Geodesy, Natural Development and Water Use, Volgograd State Agrarian University (Russian Federation, 400002, Volgograd, Universitetsky Avenue, 26), e-mail: masha2008-1988@mail.ru

DOI: 10.32786/2071-9485-2024-02-34

**REDUCING UNPRODUCTIVE SHIFT TIME WHEN HARVESTING
PANICLE CROPS WITH A SORGHUM HARVESTER**

Ryadnov A. I., Fedorova O. A., Pavlovsky D. S.

*Volgograd State Agrarian University
Volgograd, Russian Federation*

Corresponding author E-mail: alex.rjadnov@mail.ru

Received 10.12.2023

Submitted 26.03.2024

Summary

The article examines the design features of sorghum harvesters developed at the Volgograd State Agrarian University: mounted single-row, trailed double-row and mounted single-row, equipped with replaceable grain bins. Based on continuous timing of the operation of a mounted single-row sorghum harvester and mathematical modeling of the use of other studied combines for harvesting grain sorghum, the distribution of time costs by shift time elements is given. The coefficients of utilization of shift time and shift productivity of combines have been determined. Ways to increase the productivity of sorghum harvesters have been proposed.

Abstract

Introduction. Increasing the efficiency of using agricultural machinery is inextricably linked with the introduction into production of new types of machines that perform technological operations with high productivity and quality of work. In this regard, researchers of agricultural machines have a goal aimed at solving problems of developing methods and ways to increase machine productivity, reduce crop losses, labor costs, fuel and lubricant consumption, including through improvements in machine designs using statistical information on the results of their operation in real conditions, the use of scientific methods and methods developed by scientists. The results of studies of the developed models of sorghum harvesters for harvesting panicle crops show significant losses of shift time for unloading grain from bins into a vehicle and waiting for this transport, which leads to a decrease in the shift productivity of combines, an extension of harvesting time and an increase in grain losses. In addition, trailed sorghum harvesters lose significant time turning at the end of the headland. Reducing unproductive time is the main way to increase the productivity of a sorghum harvester. **The purpose of the work** is to reduce unproductive shift time when harvesting grain sorghum through the use of an experimental sorghum harvester equipped with replaceable grain bins.

Materials and methods. When harvesting grain sorghum of the Premiere variety during the harvesting seasons of 2020 and 2022, continuous timing of the operation of a mounted sorghum harvester was carried out, the energy source of which was the T-16M self-propelled chassis. Based on the obtained statistical information on the operation of a mounted sorghum harvester, mathematical modeling was carried out to evaluate the performance indicators of using a trailed double-row sorghum harvester based on MTZ-82.1 and a mounted sorghum harvester equipped with replaceable grain bins. **Results and discussion.** The schemes of a mounted single-row sorghum harvester, as well as a trailed double-row and mounted one, equipped with replaceable grain bins, are considered. The time spent on elements of shift time when threshing standing grain sorghum with the studied sorghum harvesters was determined. Analysis of the research results showed that the maximum share of the main time in the shift (71.57%) corresponds to harvesting grain sorghum with an experimental sorghum harvester equipped with replaceable grain bins, and the minimum (44.0%) – when using a trailed double-row sorghum harvester; the most significant time spent on unloading grain from the bunker of a trailed double-row sorghum harvester, which is explained by the use of an insufficient grain bin on this combine; Unproductive shift time can be reduced by using a sorghum harvester equipped with replaceable grain bins. **Conclusions.** Based on the results of continuous timing of the operation of a mounted sorghum harvester based on the self-propelled T-16M chassis for harvesting grain sorghum and mathematical modeling of the assessment of indicators for the use of trailed two-row and mounted sorghum harvesters equipped with replaceable grain bins, the distribution of shift time by component elements was obtained. Significant unproductive shift time (more than 30%) occurs when unloading grain from the bunker of a trailed double-row weed harvester. It has been established that shift time is used most effectively when harvesting grain sorghum using an experimental mounted sorghum harvester equipped with replaceable grain bins. The productivity of a sorghum harvester can be significantly increased by increasing the number of simultaneously threshed rows of grain sorghum using more powerful energy resources and equipment with replaceable bins.

Keywords: *sorghum harvesters, panicle crops, grain sorghum harvesting, shift capacity of combines, replaceable grain hopper.*

Citation. Ryadnov A. I., Fedorova O. A., Pavlovsky D. S. Reducing unproductive shift time when harvesting panicle crops with a sorghum harvester. *Proc. of the Lower Volga Agro-University Comp.* 2024. 2(74). 279-289 (in Russian). DOI:10.32786/2071-9485-2024-02-34.

Author's contribution. The author of this study was directly involved in the planning, execution and analysis of the results of this study. The author of this article has reviewed and approved the submitted final version.

Conflict of interest. The authors declare that there is no conflict of interest.

УДК 631.354.2

СНИЖЕНИЕ НЕПРОИЗВОДИТЕЛЬНЫХ ЗАТРАТ ВРЕМЕНИ СМЕНЫ ПРИ УБОРКЕ МЕТЕЛОЧНЫХ КУЛЬТУР СОРГОУБОРОЧНЫМ КОМБАЙНОМ

Ряднов А. И., доктор сельскохозяйственных наук, профессор
Федорова О. А., доктор технических наук, профессор
Павловский Д. С., аспирант

ФГБОУ ВО Волгоградский ГАУ
г. Волгоград, Российская Федерация

Актуальность. Повышение эффективности использования сельскохозяйственной техники неразрывно связано с внедрением в производство машин новых образцов, выполняющих технологические операции с высокой производительностью и качеством работ. В связи с этим перед исследователями машин сельскохозяйственного назначения стоит цель, направленная на решение задач по разработке способов и путей повышения производительности машин, снижения потерь урожая, затрат труда, расхода топливосмазочных, в том числе на основе усовершенствований конструкций машин с использованием статистической информации по результатам их эксплуатации в реальных условиях, использования разработанных учеными научных методов и способов. Результаты исследований разработанных моделей соргоуборочных комбайнов на уборке метелочных культур показывают существенные потери времени смены на выгрузку зерна из бункеров в транспортное средство и ожидание этого транспорта, что ведет к снижению сменной производительности комбайнов, к растягиванию сроков уборки и увеличению потерь зерна. Кроме того, прицепные соргоуборочные комбайны теряют существенное время на повороты в конце гона. Снижение непроизводительных затрат времени – основной путь повышения производительности соргоуборочного комбайна. **Цель работы** – снижение непроизводительных затрат времени смены при уборке зернового сорго за счет использования экспериментального соргоуборочного комбайна, оборудованного сменными зерновыми бункерами. **Материалы и методы.** При уборке зернового сорго сорта «Премьера» в уборочные сезоны 2020 и 2022 годов проведен сплошной хронометраж работы навесного соргоубороч-

ного комбайна, энергетическим средством которого являлось самоходное шасси Т-16М. На основе полученной статистической информации о работе навесного соргоуборочного комбайна проведено математическое моделирование оценки показателей использования прицепного двухрядного соргоуборочного комбайна на базе МТЗ-82.1 и навесного соргоуборочного комбайна, оборудованного сменными зерновыми бункерами. **Результаты и обсуждение.** Рассмотрены схемы навесного одnorядного соргоуборочного комбайна, а также прицепного двухрядного и навесного, оборудованного сменными зерновыми бункерами. Определены затраты времени на элементы времени смены при обмолоте зернового сорго на корню исследуемыми соргоуборочными комбайнами. Анализ результатов исследований показал, что максимальная доля основного времени в сменном (71,57%) соответствует уборке зернового сорго экспериментальным соргоуборочным комбайном, оборудованным сменными зерновыми бункерами, а минимальная (44,0%) – при использовании прицепного двухрядного соргоуборочного комбайна; наиболее существенны затраты времени на выгрузку зерна из бункера прицепного двухрядного соргоуборочного комбайна, что объясняется использованием на этом комбайне зернового бункера недостаточного объема; снизить непроизводительные затраты времени смены можно за счет использования соргоуборочного комбайна, оборудованного сменными зерновыми бункерами. **Заключение.** По результатам сплошного хронометража работы навесного соргоуборочного комбайна на базе самоходного шасси Т-16М на уборке зернового сорго и математического моделирования оценки показателей использования прицепного двухрядного и навесного, оборудованного сменными зерновыми бункерами, соргоуборочных комбайнов получено распределение сменного времени по составляющим элементам. Значительные непроизводительные затраты времени смены (более 30%) приходятся на выгрузку зерна из бункера прицепного двухрядного соргоуборочного комбайна. Установлено, что наиболее эффективно используется сменное время при уборке зернового сорго экспериментальным навесным соргоуборочным комбайном, оборудованным сменными зерновыми бункерами. Производительность соргоуборочного комбайна можно существенно увеличить путем увеличения количества одновременно обмолачиваемых рядов зернового сорго с применением более мощных энергетических средств и оборудования сменными бункерами.

Ключевые слова: соргоуборочные комбайны, метелочные культуры, уборка зернового сорго, сменная производительность комбайнов, сменный зерновой бункер.

Цитирование. Ряднов А. И., Федорова О. А., Павловский Д. С. Снижение непроизводительных затрат времени смены при уборке метелочных культур соргоуборочным комбайном. *Известия НВ АУК.* 2024. 2(74). 279-289. DOI: 10.32786/2071-9485-2024-02-34.

Авторский вклад. Все авторы настоящего исследования принимали непосредственное участие в планировании, выполнении или анализе данного исследования. Все авторы настоящей статьи ознакомились и одобрили представленный окончательный вариант.

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Введение. Важнейшей задачей развития сельского хозяйства в нашей стране является увеличение производства высококачественного зерна. Решение этой задачи основано на использовании высокопродуктивных сортов и гибридов сельскохозяйственных культур, строгом соблюдении агротехнических требований при выполнении технологических операций возделывания и уборки культур, повышении эффективности использования сельскохозяйственной техники и других факторов. Повышение эффективности использования сельскохозяйственной техники неразрывно связано с внедрением в производство машин новых образцов, выполняющих технологические операции с высокой производительностью и качеством работ. В связи с этим перед сельхозтоваропроизводителями и исследователями машин сельскохозяйственного назначения стоит цель, направленная на решение задач по разработке способов и путей повышения производительности машин, снижения потерь урожая, затрат труда, расхода топливо-смазочных и других материалов, в том числе на основе усовершенствований конструкций машин с использованием статистической информации по техническим отказам и технологическим неисправностям машин при их эксплуатации в реальных условиях, использования разработанных учеными научных методов и способов оптимизации размерно-массовых характеристик узлов и механизмов машин и машинно-тракторных агрегатов, а также минимизации энергетических, трудовых и материальных затрат при использовании машин с учетом природно-климатических и производственных условий.

Соблюдение агротехнических требований по срокам выполнения данной технологической операции и, в частности, уборки метелочных культур, например зернового сорго, определяется площадью убираемой культуры, приходящейся на один комбайн, количеством смен в сутки, продолжительностью смены, производительностью комбайна и ряда других факторов [2, 5, 7, 8, 11, 12].

Для большинства как зерновых колосовых, так и метелочных культур продолжительность уборки не должна превышать пяти календарных дней [3, 4]. Только в этом случае будет обеспечен допустимый уровень потерь зерна.

В большинстве хозяйств, в которых выращивается зерновое сорго, на зерно его убирают при влажности зерна не более 20% прямым комбайнированием зерноуборочными комбайнами на высоком срезе с установкой частоты вращения барабана 500-600 мин⁻¹. При влажности зерна больше 20% используют раздельную уборку: скашивают в валки жатками, например, ЖВН-6А или ЖРБ-4,2 с высотой среза 15-20 см; подбор и обмолот валков осуществляется при влажности зерна 11-13% серийными зерноуборочными комбайнами.

В ряде хозяйств используют отечественную навесную жатку очесывающего типа «ОЗОН», украинскую двухбарабанную жатку «Славянка», английскую однобарабанную «Shelbourne». Эти жатки агрегируются с зерноуборочными комбайнами.

Применяемые в настоящее время машины для уборки сорго имеют существенный недостаток – высокий уровень травмирования зерна при повышении его влажности при обмолоте более 20%.

В Волгоградском ГАУ разработаны навесные, прицепные, одно- и многорядковые самоходные соргоуборочные комбайны, которые осуществляют обмолот метелок зернового и веничного сорго на корню инерционно-очесным способом с влажностью листостебельной массы до 65% и зерна от 10% до 35% с допустимым уровнем его дробления, плющения и травмирования (см. патенты РФ № 2421974, № 2498553, № 2635403, № 2703429, № 2754450).

Следует отметить, что разработанные соргоуборочные комбайны имеют объем бункера 300 л, которые при высокой урожайности зернового сорго и одновременном обмолоте двух и более рядов заполняются зерном достаточно быстро [2, 6]. При этом теряется значительное время на выгрузку зерна из бункеров в транспортное средство и ожидание этого транспорта, что ведет к растягиванию сроков уборки и увеличению потерь зерна. Кроме того, прицепные соргоуборочные комбайны теряют существенное время на повороты в конце гона. Снижение непроизводительных затрат времени – основной путь повышения производительности соргоуборочного комбайна.

Цель настоящей работы – снижение непроизводительных затрат времени смены при уборке зернового сорго за счет использования экспериментального соргоуборочного комбайна, оборудованного сменными зерновыми бункерами.

Материалы и методы. При уборке зернового сорго сорта «Премьера» в уборочные сезоны 2020 и 2022 годов проведен сплошной хронометраж работы навесного соргоуборочного комбайна, изготовленного по патенту РФ № 2635403 (рис. 1а). На основе полученной статистической информации о работе навесного соргоуборочного комбайна проведено математическое моделирование оценки показателей использования двух соргоуборочных комбайнов: прицепного двухрядного и навесного, оборудованного сменными зерновыми бункерами, изготовленных соответственно по патентам РФ № 2754450 и № 2754450.

Соргоуборочный комбайн навесного типа по патенту РФ № 2635403, который условно назван «Комбайн №1» (рисунок 1), обмолачивал один ряд зернового сорго на корню прямоточной молотильной камерой 2, установка которой по высоте осуществлялась гидравлической навеской 2, собирал зерно в стационарный бункер 4, размещенный на самоходном шасси 1, обмолаченные растения срезал жаткой 5, измельчал растительную массу измельчителем 6 и разбрасывал ее после измельчения по полю.

Прицепной соргоуборочный комбайн, энергетическим средством которого являлся трактор МТЗ-82.1, сконструирован на основе патента РФ №2754450. Его конструкция отличалась от предлагаемой в патенте РФ тем, что он имел один зерновой бункер, не использовались домолачивающее и сепарирующее устройства. Данный комбайн убирал два ряда зернового сорго, обмолачивал их на корню, зерно подавалось в бункер, а обмолаченные растения направлялось на измельчение с дальнейшим разбрасыванием измельченной массы по полю. Этот соргоуборочный комбайн назван нами «Комбайн № 2» (рисунок 2). Основными узлами этого комбайна являются: 1 – энергетическое средство – трактор МТЗ-82.1, 2 – прямоточная выносная молотильная камера, 3 – транспортер обмолаченной массы, 4 – система подачи зерна в бункер; 5 – бункер, 6 – жатка, 7 – транспортер обмолаченных и срезанных растений; 8 – измельчитель растений.

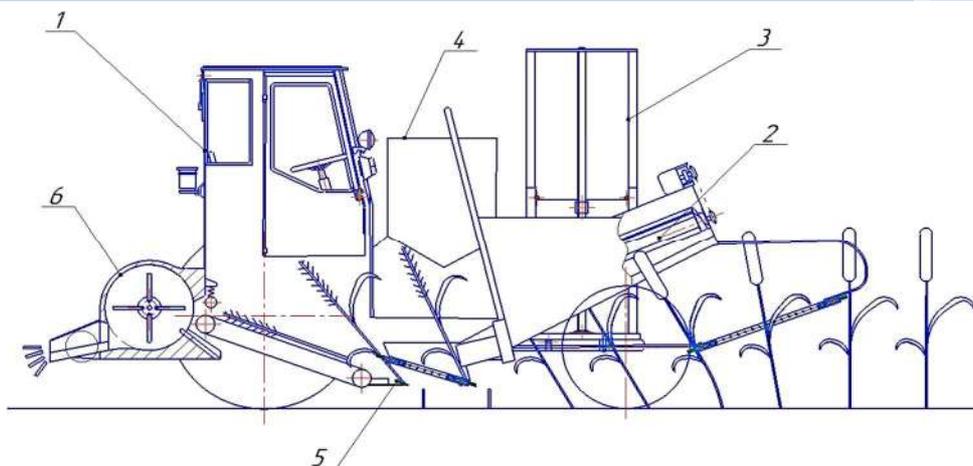


Рисунок 1 – Схема навесного соргоуборочного комбайна № 1
Figure 1 – Diagram of mounted sorghum harvester No. 1

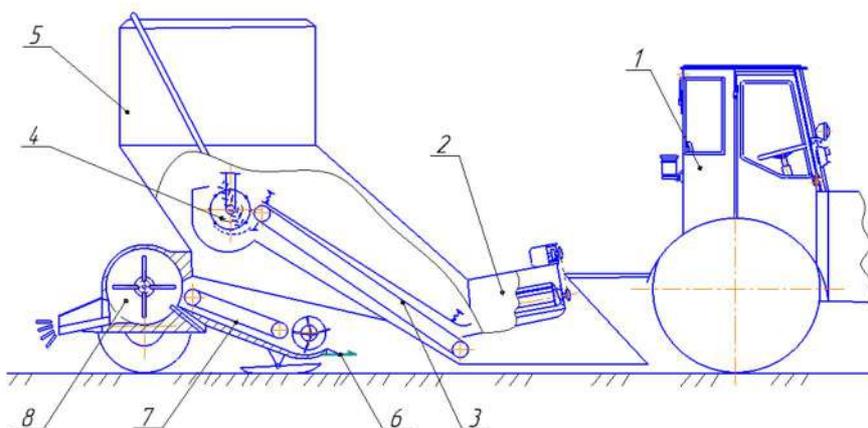


Рисунок 2 – Схема прицепного соргоуборочного комбайна № 2
Figure 2 – Diagram of trailed sorghum harvester No. 2

У соргоуборочного комбайна по патенту РФ № 2749458 («Комбайн №3», рисунок 3) обмолоченное зерно поступает в сменный бункер, который после заполнения зерном заменяется пустым и выгружается на поле без остановки комбайна.

На комбайн устанавливается 4 сменных бункера. Объем каждого бункера равен 200 л.

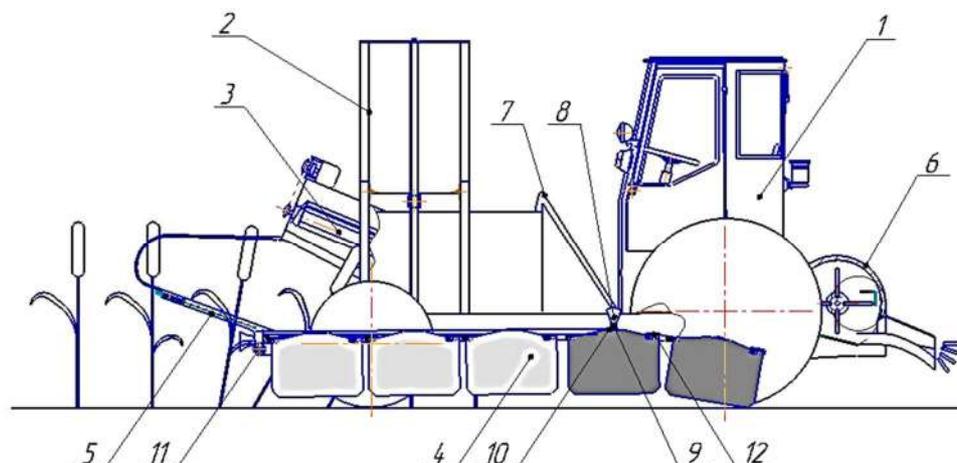


Рисунок 3 – Схема усовершенствованного соргоуборочного комбайна № 3
Figure 3 – Diagram of the improved sorghum harvester No. 3

Усовершенствованный соргоуборочный комбайн работает следующим образом. До начала уборки зернового сорго на самоходное шасси 1 загружают сменные бункеры 4 и с помощью гидравлической навески 2 устанавливают прямоточную выносную молотильную камеру 3 на заданную высоту, соответствующую высоте обмолачиваемых растений.

Растения сорго при движении комбайна по полю захватываются нормализатором 5, который подает их на обмолот в прямоточную выносную молотильную камеру 3. Далее обмолоченные растения срезаются жаткой комбайна, подаются к измельчителю 6 на измельчение и разбрасыванию по полю.

Вымолоченное зерно вентиляционной системой подается в трубопровод 7 и далее, проходя компенсирующую емкость 8, поступает в сменный бункер 4, размещенный в данный момент времени под компенсирующей емкостью 8.

Когда сменный бункер 4, размещенный в данный момент времени под компенсирующей емкостью 8, будет полностью заполнен зерном, срабатывают система автоматического перекрытия подачи зерна 9 в сменный бункер 4 с устройством 10 закрытия крышки бункера, заполненного зерном, механизм замены 11 заполненного зерном сменного бункера пустым и устройство 12 для спуска заполненного зерном бункера на поле.

Схема системы автоматического перекрытия зерна, поступающего в сменный бункер от прямоточной выносной камеры, при его заполнении представлена на рис. 2 и работает следующим образом.

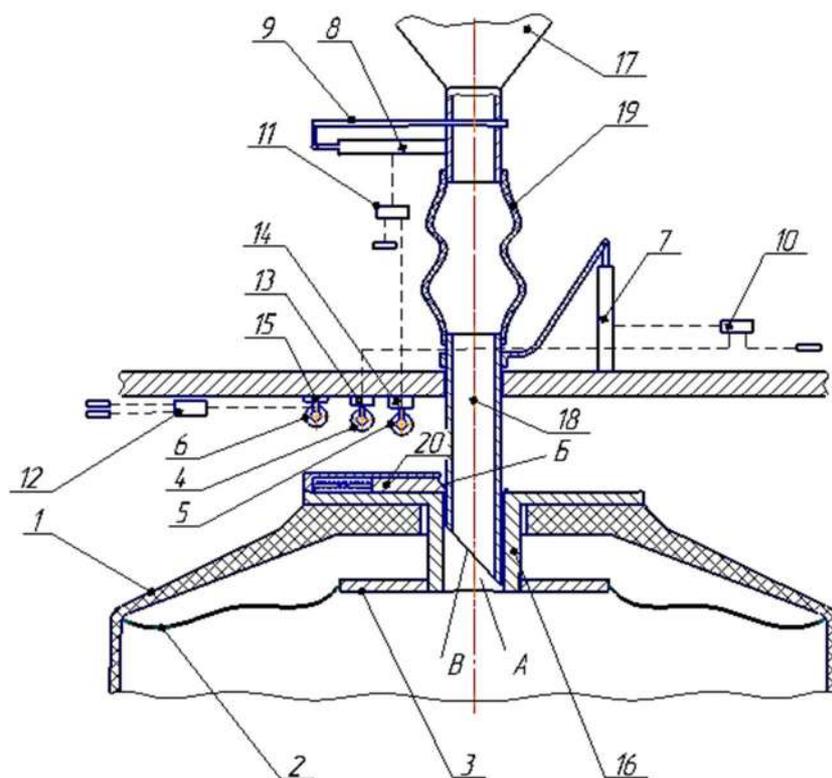


Рисунок 4 – Схема системы автоматического перекрытия зерна, поступающего в сменный бункер от прямоточной выносной камеры
Figure 4 – Diagram of the system of automatic shut-off of grain entering the replaceable hopper from the direct-flow remote chamber

При заполнении зерном сменного бункера 1 до достижения уровня, при котором зерно, приподнимая полотно 2 и кольцо 3 бункера 1 до упора в крышку бункера, срабатывают концевой датчик 5 и реле 11. Одновременно с этим устройство 8 перемещает затвор 9, который перекрывает подачу зерна из прямоточной выносной молотильной

камеры в бункер 1 через трубку 18. При дальнейшем движении комбайна по полю, зерно, которое обмолочено в данный период времени, поступает в компенсирующую емкость 17. Затем, после срабатывания концевого датчика 4 и реле 10, включается устройство подъема трубки 7, которое перемещает трубку 18 в верхнее положение. Клапан 20 под действием пружины перекрывает проходное отверстие А во втулке 18. Бункер 1 закрыт. Когда трубка 18 находится в верхнем положении, конструктивные части системы подачи зерна не касаются частей бункера. Затем срабатывает концевой датчик 6, включается электродвигатель механизма замены бункеров (см. рисунок 5). Заполненный зерном бункер спускается на поле по наклонной части платформы 3, а очередной сменный бункер подается на заполнение зерном.

При срабатывании концевого датчика 6 подключается к электрической сети самоходного шасси электродвигатель 1 (см. рисунок 5), который приводит в движение цепи 2, ведущие и ведомые валы которых установлены на платформе 3.

На цепях 2 установлены захваты 4, к которым крепятся сменные бункеры. Движение сменных бункеров осуществляется до подачи сигнала от концевого датчика (см. поз. 6 на рис. 4) на остановку движения. Одновременно с этим срабатывает концевой датчик, связанный электрической цепью с реле (см. поз. 10 на рис. 4), которое включает устройство подъема трубки (см. поз. 7 на рисунке 4). Затвор опускается, воздействует на клапан (см. поз. 20 на рисунке 4), который открывает проход зерна из компенсирующей емкости и от прямоточной выносной молотильной камеры в сменный бункер, установленный под заполнение зерном.

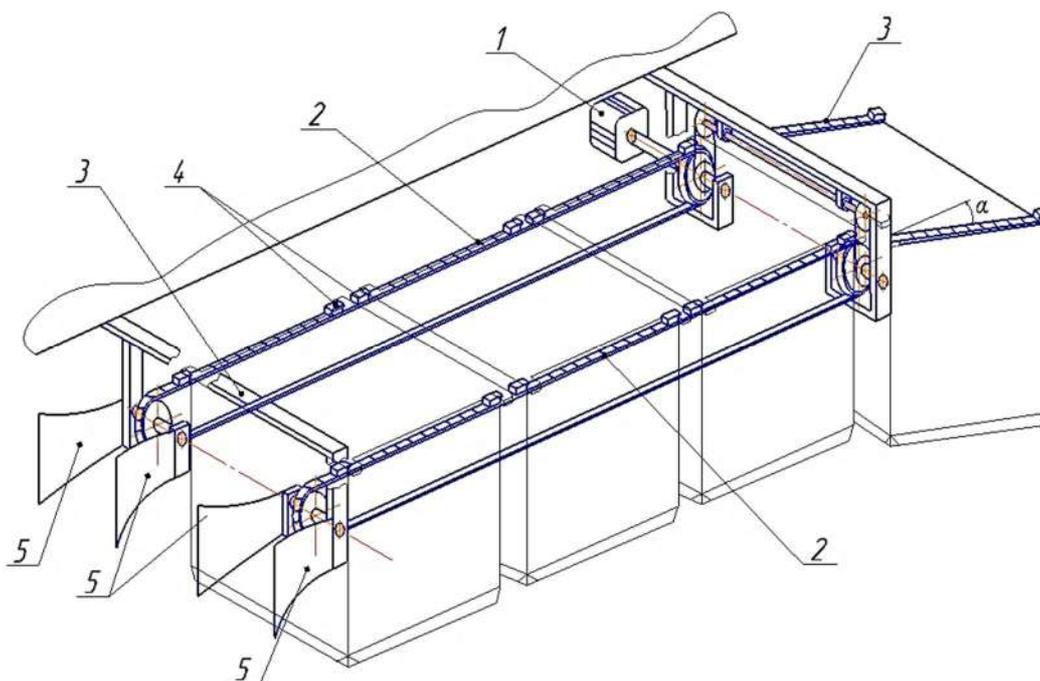


Рисунок 5 – Схема механизма замены бункеров
Figure 5 – Diagram of the hopper change mechanism

При заполнении зерном всех сменных бункеров на комбайн устанавливается комплект других сменных бункеров. Для качественного захвата пустых бункеров, размещенных на краю поля, на комбайне предусмотрены направители 5.

Результаты и обсуждение. Производительность уборочных машин за смену определяется по известной формуле [1]:

$$W_{CM} = 0,36 B_{Ж} V_{К} T_{CM} T_{CM}, \quad (1)$$

где $B_{Ж}$ – ширина захвата жатки соргоуборочного комбайна, м; $V_{К}$ – рабочая скорость движения соргоуборочного комбайна, м/с; T_{CM} – продолжительность смены, ч, T_{CM} – коэффициент использования времени смены.

Коэффициент использования времени смены:

$$T_{CM} = T_O / T_{CM}, \quad (2)$$

где T_O – время основной работы, ч; T_{CM} – время смены.

В соответствии с ГОСТ 24055 – 2016 (Техника сельскохозяйственная. Методы эксплуатационно-технологической оценки. М.: Стандартиформ, 2020) и информации из научных работ [1, 9, 10] время смены складывается из: T_O – времени основной или чистой работы, $T_{ПОВ}$ – времени, затрачиваемой на повороты в конце гона поля, $T_{ПЕР1}$ – время на технологические переезды, $T_{ВЫГ}$ – затраты времени на выгрузку зерна из бункера, $T_{ЕТО}$ – затраты времени на ежесменное техническое обслуживание, $T_{ПТП}$ – время, затраченное на перевод машины в рабочее и транспортное положение, $T_{РЕГ}$ – затраты времени на проведение наладки и регулирование, $T_{АГР}$ – затраты времени на составление агрегата, $T_{ТП}$ – время на устранение нарушений технологического процесса, $T_{ОТД}$ – затраты времени на отдых и естественные надобности комбайнеров, $T_{ПЕР2}$ – затраты времени на переезды к месту работы и обратно (в начале и в конце смены).

Таким образом, время смены T_{CM} определится по формуле:

$$T_{CM} = T_O + T_{ПОВ} + T_{ПЕР1} + T_{ВЫГ} + T_{ЕТО} + T_{ПТП} + T_{РЕГ} + T_{АГР} + T_{ТП} + T_{ОТД} + T_{ПЕР2}. \quad (3)$$

С целью учета полученных результатов сплошного хронометража работы соргоуборочного комбайна №1 в математической модели оценки показателей использования соргоуборочных комбайнов №2 и №3 приняты следующие допущения:

- одинаковые условия уборки (площадь поля, длина гона, урожайность зернового сорго, влажность и засоренность зерна и др.);
- при намолоте одного бункера зерна соргоуборочным комбайном №1 прицепной соргоуборочный комбайн №2 за данный промежуток времени намолачивает 2 бункера, а усовершенствованный №3 – 1,5 бункера;
- для всех комбайнов затраты времени на технологические переезды, ежесменное техническое обслуживание, отдых и естественные надобности комбайнеров, а также на переезды агрегатов к месту работы и обратно (в начале и в конце смены) принято соответственно одинаковыми;
- для всех рассматриваемых случаев $T_{CM} = 7$ ч.

В соответствии с ГОСТ 28301–2015 (Комбайны зерноуборочные. Методы испытаний. М.: Стандартиформ, 2016) во время смены не включено время, которое затрачивается на простои исследуемых соргоуборочных комбайнов, связанные с устранением нарушений технологического процесса.

При урожайности зернового сорго 2,1 т/га за смену комбайн № 1 намолачивал 13 бункеров зерна, комбайн № 2 – 25 бункеров и комбайн № 3 – 23 бункера.

Сплошной хронометраж работы комбайна №1 показал, что на выгрузку одного бункера зерна в среднем затрачивалось 0,09 ч.

Определено, что на установку на комбайн № 3 комплекта пустых сменных бункеров требуется 0,04 ч. По расчетам за смену требуется установить 4 комплекта сменных бункеров.

Результаты сплошного хронометража работы соргоуборочного комбайна № 1 и математического моделирования работы комбайнов № 2 и № 3 с учетом принятых допущений представлены в таблице.

Анализ результатов, представленных в таблице, показывает:

- максимальная доля основного времени в сменном (71,57%) соответствует уборке зернового сорго экспериментальным соргоуборочным комбайном № 3, а минимальная (44,0 %) – при использовании прицепного двухрядного соргоуборочного комбайна № 2;
- наиболее существенны затраты времени на выгрузку зерна из бункера комбайна № 2. Это связано, в первую очередь, с малым объемом зернового бункера;
- снизить непроизводительные затраты времени смены можно за счет использования соргоуборочного комбайна, оборудованного сменными зерновыми бункерами.

Таблица 1 – Распределение времени смены работы соргоуборочных комбайнов по составляющим элементам

Table 1 – Distribution of the shift time of the sorghum harvester by component elements

Элемент времени смены / Shift Time Element	Значения затрат элементов времени смены работы соргоуборочного комбайна / Cost Values of Sorg Harvester Shift Time Elements					
	№1		№2		№3	
	ч	%	ч	%	ч	%
T_O	4,32	61,71	3,08	44,00	5,01	71,57
$T_{ПОВ}$	0,39	5,57	0,54	7,71	0,36	5,14
$T_{ПЕР1}$	0,21	3,00	0,21	3,00	0,21	3,00
$T_{ВЫГ}$	1,17	16,72	2,25	32,14	0,16	2,28
$T_{ЕТО}$	0,22	3,14	0,22	3,14	0,22	3,14
$T_{ПП}$	0,04	0,57	0,03	0,43	0,04	0,57
$T_{РЕГ}$	0,14	2,00	0,16	2,29	0,49	7,01
$T_{АГР}$	–	–	–	–	–	–
$T_{ТП}$	–	–	–	–	–	–
$T_{ОТД}$	0,3	4,29	0,3	4,29	0,3	4,29
$T_{ПЕР2}$	0,21	3,00	0,21	3,00	0,21	3,00
Итого: $T_{СМ}$ / Total: $T_{СМ}$	7	100	7	100	7	100

С использованием результатов, представленных в таблице 1, рассчитаны коэффициенты использования времени смены и сменной производительности исследуемых соргоуборочных комбайнов (таблица 2).

Таблица 2 – Расчетные значения коэффициента использования времени смены и сменной производительности соргоуборочных комбайнов

Table 2 – Estimated values of the coefficient of utilization of shift time and shift productivity of sorghum harvesters

Соргоуборочный комбайн / Sorghum Harvester	$T_{СМ}$	$W_{СМ}$, га
Навесной (№ 1) / Hinged (No 1)	0,62	1,82
Прицепной двухрядный (№ 2) / Trailed double-row (No. 2)	0,44	3,02
Экспериментальный, оборудованный сменными бункерами (№ 3) / Experimental, equipped with replaceable bunkers (No. 3)	0,72	2,12

Таким образом, производительность соргоуборочного комбайна можно существенно увеличить путем увеличения количества одновременно обмолачиваемых рядов зернового сорго с применением более мощных энергетических средств и оборудования сменными бункерами.

Заключение. По результатам сплошного хронометража работы навесного соргоуборочного комбайна на базе самоходного шасси Т-16М на уборке зернового сорго и математического моделирования оценки показателей использования прицепного двухрядного и навесного, оборудованного сменными зерновыми бункерами, соргоуборочных комбайнов получено распределение сменного времени по составляющим элементам. Значительные непроизводительные затраты времени смены (более 30%) приходятся на выгрузку зерна из бункера прицепного двухрядного соргоуборочного комбайна. Установлено, что наиболее эффективно используется сменное время при уборке зернового сорго экспериментальным навесным соргоуборочным комбайном, оборудованным сменными зерновыми бункерами. Производительность соргоуборочного комбайна можно существенно увеличить путем увеличения количества одновременно обмолачиваемых рядов зернового сорго с применением более мощных энергетических средств и оборудования сменными бункерами.

Conclusions. Thus, the replaceable, operational and actual productivity of a sorghum harvester equipped with a header with a segment-finger cutting device with an infinite knife contour and a device for monitoring segment failures is higher than the replaceable, operational and actual productivity of a sorghum harvester equipped with a header with a segment-finger cutting device with a single knife run, respectively, by 2.4, 4.0 and 3.9%.

Библиографический список

1. Жалнин Э. В. Оптимизация машиноиспользования – мощный резерв повышения эффективности сельскохозяйственного производства. Наука в Центральной России. 2013. № 1. С. 5-17.

2. Ломакин С. Г., Бердышев В. Е. Условия уборки зерна в Российской Федерации и обеспеченность сельскохозяйственных предприятий зерноуборочными комбайнами. Вестник Московского государственного агроинженерного университета им. В. П. Горячкина. 2016. № 4 (74). С. 11-15.
3. Маслов Г. Г. Оптимизация продолжительности уборки озимой пшеницы многофункциональным агрегатом. Тракторы и сельхозмашины. 2016. № 6. С. 48-51.
4. Маслов Г. Г., Палапин А. В., Ринас Н. А. Оптимизация продолжительности уборки зерновых культур и основных параметров многофункционального агрегата. Вестник ГГТУ им. П. О. Сухого. 2014. № 2. С. 3-8.
5. Ряднов А. И., Федорова О. А., Поддубный О. И. Потери зерна от увеличения сроков уборки зерновых культур. Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование. 2020. № 2 (58). С. 375-384.
6. Ряднов А. И., Федорова О. А., Шарипов Р. В., Бариль В. А. Повышение производительности соргоуборочного комбайна за счет применения усовершенствованного режущего аппарата жатки. Известия НВ АУК. 2021. № 1 (61). С. 441-452.
7. Ряднов А. И., Шарипов Р. В. Совершенствование конструкции соргоуборочного комбайна. Сельский механизатор. 2019. № 7. С. 10-11.
8. Худякова Е. В., Клочкова К. В. Оптимизация технико-экономических параметров организации процесса уборки зерновых культур на основе имитационного моделирования. Вестник Московского государственного агроинженерного университета имени В. П. Горячкина. 2015. № 5 (69). С. 60-64.
9. Шабанов Н. И. Резервы повышения эффективности комбайновой уборки зерновых культур. Вестник аграрной науки Дона. 2014. Т. 4. № 28. С. 23-29.
10. Шепелев С. Д., Черкасов Ю. Б., Внук Д. О. Эффективно использовать зерноуборочные комбайны. Сельский механизатор. 2018. № 10. С. 34-35.
11. Rjadnov A. I., Fedorenko V. F., Fedorova O. A., Mishurov N. P., Davydova S. A. Improvements in broom corn harvesting process. Engineering Technologies and Systems. 2019. V. 29.No 4. Pp. 635-651.
12. Chen D., Wang S., Kang F., Zhu Q., Li X. Mathematical model of feeding rate and processing loss for combine harvester. Nongye Gongcheng Xuebao. Transactions of the Chinese Society of Agricultural Engineering. 2011. V. 27 (9). Pp. 18-21.

References

1. Zhalnin E. V. Optimization of Machine Use as a Powerful Reserve for Improving the Efficiency of Agricultural Production. Science in Central Russia. 2013. № 1. Pp. 5-17.
2. Lomakin S. G., Berdyshev V. E. Grain Harvesting Conditions in the Russian Federation and the Provision of Agricultural Enterprises with Combine Harvesters. Bulletin of the Moscow State Agroengineering University named after V. P. Goryachkin. 2016. № 4 (74). Pp. 11-15.
3. Maslov G. G. Optimization of the Duration of Winter Wheat Harvesting by a Multifunctional Unit. Tractors and agricultural machinery. 2016. № 6. P. 48-51.
4. Maslov G. G., Palapin A. V., Rinas N. A. Optimization of the Duration of Harvesting of Grain Crops and the Main Parameters of a Multifunctional Unit. Vestnik GSTU im. P. O. Sukhoi. 2014. № 2. Pp. 3-8.
5. Ryadnov A. I., Fedorova O. A., Poddubny O. I. Grain Losses from Increasing the Harvesting Time of Grain Crops. Proceedings of the Nizhnevolzhsky Agro-University Complex: science and higher professional education. 2020. № 2 (58). Pp. 375-384.
6. Ryadnov A. I., Fedorova O. A., Sharipov R. V., Baril V. A. Increasing the productivity of a sorghum harvester due to the use of an improved reaper cutting device. Izvestiya NV AUK. 2021. № 1 (61). Pp. 441-452.
7. Ryadnov A. I., Sharipov R. B. Improvement of sorghum harvester design. The Rural Mechanical Engineer. 2019. № 7. Pp. 10-11.
8. Khudyakova E. V., Klochkova K. V. Optimization of Technical and Economic Parameters of the Organization of the Process of Harvesting Grain Crops Based on Simulation Modeling. Bulletin of the Moscow State Agroengineering University named after V. P. Goryachkin. 2015. № 5 (69). Pp. 60-64.
9. Shabanov N. I. Reserves for Improving the Efficiency of Combine Harvesting of Grain Crops. Bulletin of the Agrarian Science of the Don. 2014. V. 4. № 28. Pp. 23-29.
10. Shepelev S. D., Cherkasov Yu., Vnukov D. O. Use combine harvesters effectively. Rural machine operator. 2018. № 10. Pp. 34-35.
11. Rjadnov A. I., Fedorenko V. F., Fedorova O. A., Mishurov N. P., Davydova S. A. Improvements in broom corn harvesting process. Engineering Technologies and Systems. 2019. V. 29.No 4. Pp. 635-651.
12. Chen D., Wang S., Kang F., Zhu Q., Li X. Mathematical model of feeding rate and processing loss for combine harvester. Nongye Gongcheng Xuebao. Transactions of the Chinese Society of Agricultural Engineering. 2011. V. 27 (9). Pp. 18-21.

Информация об авторах

Ряднов Алексей Иванович, Заслуженный работник высшей школы РФ, доктор сельскохозяйственных наук, профессор, профессор кафедры «Эксплуатация и технический сервис машин в АПК», ФГБОУ ВО Волгоградский ГАУ (Российская Федерация, 400002, г. Волгоград, пр. Университетский, д. 26), ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-2364-4944>, e-mail: alex.rjadnov@mail.ru

Федорова Ольга Алексеевна, доктор технических наук, доцент, профессор кафедры «Технические системы в АПК», ФГБОУ ВО Волгоградский ГАУ (Российская Федерация, 400002, г. Волгоград, пр. Университетский, д. 26), ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-2615-1101>, e-mail: foa_77@mail.ru

Павловский Дмитрий Сергеевич, аспирант кафедры «Эксплуатация и технический сервис машин в АПК», ФГБОУ ВО Волгоградский ГАУ (Российская Федерация, 400002, г. Волгоград, пр. Университетский, д. 26), e-mail: dima.pavlovskiy.20@inbox.ru

Author's Information

Ryadnov Aleksey Ivanovich, Honored worker of the higher school of the Russian Federation, Doctor of Agricultural Sciences, Professor of the Department "Operation and technical service of machines in agriculture", Volgograd state agrarian University (Russian Federation, 400002, Volgograd, Universitetskiy Ave., 26), ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-2364-4944>, e-mail: alex.rjadnov@mail.ru

Fedorova Olga Alekseevna, Doctor of Engineering Sciences, associate Professor, Professor of the Department of " Engineering systems in agriculture", Volgograd state agrarian University (Russian Federation, 400002, Volgograd, Universitetskiy Ave., 26), ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-2615-1101>, e-mail: foa_77@mail.ru

Pavlovsky Dmitry Sergeevich, postgraduate student of the Department "Operation and Engineering Service of machines in the Agro-industrial Complex" Volgograd State Agrarian University (Russian Federation, 400002, Volgograd, Universitetskiy Ave., 26), e-mail: dima.pavlovskiy.20@inbox.ru

DOI: 10.32786/2071-9485-2024-02-35

DETERMINATION OF THE TECHNOLOGICAL PARAMETER OF THE THICKNESS OF THE AIR FLOW ACCELERATORS IN THE PNEUMATIC CHANNEL FOR CLEANING SOYBEAN POST-HARVEST WASTE

Aksenov A. G., Khamuev V. G., Borzenko S. I., Gerasimenko S. A.

*Federal Scientific Agroengineering Center VIM
Moscow, Russian Federation*

Corresponding author E-mail: serzhhbk@gmail.com

Received 25.01.2024

Submitted 26.03.2024

The research was carried out within the framework of the state task FGUN-2022-0007 "To develop innovative complexes of machines with robotic elements for breeding and seed production of cereals, legumes, and mass crops using electrophysical methods of exposure" for 2022–2024. Funding was allocated by the Ministry of Science and Higher Education of the Russian Federation

Summary

The article presents research on determining the technological parameter of the thickness of column air accelerators to increase the efficiency of the process of separation of soy particles from the waste of post-harvest processing of soybeans in a deep pneumatic channel. As a result, the efficiency of the separation process reached 71%, while the frequency was 77%, and the losses were 4.3% of soy particles. The constructive layout scheme of a deep pneumatic channel for the process of separation of soy particles from the waste of post-harvest processing of soybeans has been determined.

Abstract

Introduction. Despite the rather rapid development of the leguminous crops market, the development of harvesting and tillage equipment, especially in the issues of post-harvest processing of grain and seeds, remain acute and unresolved [1, 2]. To date, the trend towards the use of industrial waste is actively developing, which on the one hand minimizes costs and on the other is considered environmentally friendly. Soybean post-harvest waste is often simply discarded, as it cannot be separated from impurities, which makes their use impossible and dangerous. This happens, among other things, due to the fact that there is no specialized equipment for cleaning waste from post-harvest processing of soybeans, and the use of standard post-harvest grain processing machines is not effective enough. **The purpose of the study** is to verify the effectiveness of the technological thickness parameter when using column air flow accelerators to increase the efficiency of the process of separating soy particles from soybean post-harvest waste in a deep pneumatic channel. **Materials and methods.** The research was conducted at the FSAC VIM. A developed mock-up sample of a vertical deep pneumatic channel was used to isolate soy particles from soybean post-harvest waste, consisting of three sections of different heights. The technological parameter of the thickness of column air flow accelerators in a deep pneumatic channel with a vertically ascending air flow for the separation of soybean particles from soybean post-harvest waste was justified. The completeness of the impurity release and the efficiency of the process of separating soybean particles from soybean post-harvest waste in a deep pneumatic channel with vertically ascending airflow at maximum specific grain load were determined. **Results and conclusions.** We determined: the technological parameter of the thickness of column air flow accelerators in a deep pneumatic channel with vertically ascending airflow when separating soybean particles from soybean post-harvest waste is 80 millimeters, while the maximum specific grain load is 3 kilograms / (centimeter 2 hour), seed losses do not exceed 5% in a pneumatic channel with column air flow accelerators, the completeness of the separation impurities are 76% of the "Waste" fraction, the efficiency of the separation process was 71%, the purity of the "soy particles" fraction was 77% in one pass during pre-cleaning.

Keywords: soybean seed waste, purification of soybean post-harvest waste, separation of soybean post-harvest waste.