

16. Sudachenko V. N. From the History of the Laboratory of Electric Power Use in Agriculture. Technologies and technical means of mechanized production of crop and livestock products. 1997. № 67. Pp. 92-95.
17. Karpov V. N., Yuldashev Z. Sh. Energy saving. Finite ratio method. St. Petersburg, 2010. 147 p.
18. Subbotin I. A., Bryukhanov A. Yu., Timofeev E. V., Erk A. F. Energoecological Assessment of the Use of Various Generating Sources in Agriculture. Engineering Technologies and Systems. 2019. T. 29. № 3. Pp. 366-382.
19. Brovtin V. N., Papushin E. A. Criterion for energy efficiency of production for agricultural enterprises. Innovations in agriculture. 2015. No. 4 (14). Pp. 51-55.
20. Sudachenko V. N., Markova A. E., Kolyanova T. V., Kolyanov Yu. T. Basic provisions of the concept for the development of vegetable growing in protected soil in the European north of Russia. Technologies and technical means of mechanized production of crop and livestock products. 2004. No 76. Pp. 54-65.
21. Bryukhanov A. Yu., Popov V. D., Vasiliev E. V., Papushin E. A. The concept of managing the environmental safety of agroecosystems. AgroEcoEngineering. 2022. No 4 (113). Pp. 4-18.
22. Bryukhanov A. Yu., Popov V. D., Vasiliev E. V., Shalavina E. V., Uvarov R. A. Analysis and solutions to environmental problems in livestock farming. Agricultural machines and technologies. 2021. V. 15. No. 4. Pp. 48-55.
23. Rakutko S. A. Conceptual foundations of energy ecology of light culture. Agricultural machines and technologies. 2018. V. 12. No. 6. Pp. 38-44.
24. Belozero D. A., et al. Energy ecology as the basis for sustainable development of Russia: experience, methodology and prospects: monograph. Dubna: State University "Dubna", 2017. 202 p.
25. Karlin L. N., Muzalevsky A. A., Fedorov M. P. A modified model of a natural-technical system as an element of an alternative strategy for environmental protection. Scientific notes of the Russian State Hydrometeorological University. 2014. No 36. Pp. 80-93.
26. Ecology vs. Environmental Science: What's the Difference? Maryville University. December 8, 2020. <https://online.maryville.edu/blog/ecology-vs-environmental-science>.
27. Sventitsky I.I. Energy saving in the agro-industrial complex and energy extremity of self-organization: monograph. M.: GNU VIESKh, 2007. 468 p.
28. Zhu X. G., Long S. P., Ort D. R. Improving photosynthetic efficiency for greater yield. Annual review of plant biology. 2010. No 61. Pp. 235-261.
29. Siluyanov I. Automation for the greenhouse business. Automation and production. 2020. No 2 (51). Pp. 22-24.
30. Leaf Optical Properties. By Stephane Jacquemoud and Susan Ustin. Cambridge and New York: Cambridge University Press. 2019. 555 p.
31. Gubasheva B. E., Idrissova G. Z., Tumenov A. N., Miftakhov R. R. Assessment of the degree of air pollution by fluctuating asymmetry of leaves of various tree species. RUDN Journal of Ecology and Life Safety. 2022. No 30 (1). Pp. 417-427.

Информация об авторе

Ракутько Сергей Анатольевич, доктор технических наук, главный научный сотрудник Института агроинженерных и экологических проблем сельскохозяйственного производства (ИАЭП) – филиал ФГБНУ ФНАЦ ВИМ (Российская Федерация, г. Санкт-Петербург, пос. Тярлево, Филитровское шоссе, д. 3), ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-2454-4534>, e-mail: sergej1964@yandex.ru

Autor's Information

Rakutko Sergey Anatolyevich, Doctor of Engineering Sciences, Chief Researcher of the Institute of Agroengineering and Environmental Problems of Agricultural Production (IEEP) – branch of the Federal State Budgetary Scientific Institution of the Federal Center for Agricultural Production (Russian Federation, St. Petersburg, Tyarlevo village, Filitrovskoe shosse, 3), ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-2454-4534>, e-mail: sergej1964@yandex.ru

DOI: 10.32786/2071-9485-2024-02-41

RESULTS OF THE ASSESSMENT OF THE PERFORMANCE OF TECHNICAL MEANS FOR HARVESTING AGRICULTURAL CROPS

^{1,2}Ryadnov A. I., ²Rudenko V. N., ¹Pavlovsky D. S., ¹Fedorov A. V.

¹Volgograd State Agrarian University
Volgograd, Russian Federation
²Astrakhan State University
Astrakhan, Russian Federation

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

Received 25.02.2024

Submitted 26.03.2024

Summary

The article presents calculations of hourly productivity of serial cars GAZ-SAZ-33071, GAZ-3302 Gazelle and KAMAZ 45144 with a trailer, as well as machine and tractor units MTZ-82.1+2PTS-4.5 and MTZ-82.1+PTRS (loader-transporter of hay rolls) for the transportation of hay rolls formed by a presspickers PR-F-110, PPR-120 "Pelikan" and PRF-750. The results of the evaluation of the hourly performance of the GAZ-3302 Gazelle on-board vehicle, equipped with a specialized cargo platform that allows unloading hay rolls without the use of additional machines, and a machine-tractor unit with an improved design of a loader-transporter of hay rolls, are also given.

Abstract

Introduction. Harvesting agricultural crops is a complex technological process in which a complex of harvesting, transport and lifting machines is used, means of maintenance and field repair of machines, communication systems and other equipment are used. The harvesting result depends on how effectively all the machines involved in harvesting are used, and, first of all, harvesting vehicles and vehicles. To increase the efficiency of harvesting agricultural crops, there are many solutions to improve the designs of modern harvesting and transport machines and the organization of their work during harvesting. In this case, it is necessary to use such developments that provide a significant increase in the productivity of harvesting vehicles and vehicles while reducing crop losses, fuel consumption, labor and material and monetary costs. With the increase in the productivity of machines for harvesting agricultural crops, the likelihood of meeting agrotechnical requirements for harvesting and, in particular, for its duration, increases. By meeting agrotechnical requirements for harvesting duration, not only direct crop losses are reduced, but also its quality is improved. It is possible to increase the productivity of machines for harvesting agricultural crops, as follows from many scientific works, by reducing unproductive shift time. However, issues of assessing the performance of vehicles for transporting hay rolls and selecting the most productive ones in. **The purpose of the work** is to evaluate the performance of a number of serial and some improved vehicles for transporting hay rolls. **Materials and methods.** In the process of preparing this article, scientific articles, reports on the implementation of scientific work and other publications of scientists devoted to research into technologies for harvesting agricultural crops, the productivity of grain and forage harvesters, loaders-transporters of rolls and hay bales and vehicles were used. In order to analyze the impact on the productivity of technical systems involved in harvesting hay rolls from the field, the rolls were formed by the following balers: PR-F-110, PPR-120 "Pelikan" and PRF-750. Loading of rolls and unloading of non-tipping vehicles was carried out by PF-0.5 loaders with PT-F-500 and SNU-550 attachments, mounted by MTZ-82.1 tractors. Transportation of rolls was carried out by KAMAZ 45144 with a trailer, GAZ-SAZ-33071, GAZ-3302 "Gazelle", MTZ-82.1+2PTS-4.5 and MTZ-82.1+PTRS (loader-transporter of hay rolls). MTZ-82.1+2PTS-4.5 and MTZ-82.1+PTRS were used to transport hay rolls over a distance of up to 3 km, GAZ-SAZ-33071 - up to 20 km, KAMAZ 45144 – over a distance of more than 20 km and GAZ-3302 "Gazelle" - up to and more than 20 km. During the operations of loading, transporting and unloading vehicles, they were timed under real operating conditions. **Results and discussion.** When assessing the hourly productivity of vehicles, the following were taken into account: the nominal carrying capacity of vehicles, the length of travel with a load, the average technical speed, the coefficients of utilization of carrying capacity and mileage, the time spent on loading rolls of hay onto vehicles and unloading them. As a result of calculations, it was established that with an increase in the mass of transported hay rolls, the productivity of all studied vehicles for all types of transportation increases; for on-farm and on-farm transportation, the GAZ-SAZ-33071 has maximum productivity, and for off-farm transportation, the KamAZ-45144 with a trailer; When using improved designs of the pick-up-transporter of hay rolls (PTRS-2) (RF patent No. 2747569), which ensures the transportation of hay rolls formed by PR-F-110, PPR-120 "Pelikan" and PRF-750 in 2 tiers, the utilization rate increases lifting capacity, respectively, up to 0.75; 0.98 and 0.96, while the performance of PTRS-2 in comparison with the PTRS prototype when transporting hay rolls formed by PR-F-110, PPR-120 "Pelikan" and PRF-750 in intra-farm transportation increases accordingly by 73%, 33% and 0.6%; and when using the GAZ-3302 "Gazelle" vehicle, equipped with a specialized cargo platform (RF patent No. 2554036) with unloading of rolls from the platform on both sides of the vehicle without the use of additional means, the productivity of this vehicle increases compared to a serial on-board vehicle for intra-farm transportation of rolls from balers PR-F-110, PPR-120 "Pelikan" and PRF-750, respectively, by 23%; 32% and 18%, on intra-farm transportation – by 23%; 32% and 18% and off-farm – by 23%; 32% and 18%. **Conclusions.** Based on the results of timing the operation of three brands of vehicles GAZ-SAZ-33071, GAZ-3302 "Gazelle" and KAMAZ 45144 with a trailer, as well as machine-tractor units MTZ-82.1+2PTS-4.5 and MTZ-82.1 with a pick-up-transporter of hay rolls design of the Volgograd State Agrarian University for the transportation of hay rolls formed by PR-F-110, PPR-120 "Pelikan" and PRF-750 balers, it was established that for intra-farm and on-farm transportation of all types of rolls, the GAZ-SAZ-33071 dump truck has maximum productivity, and for off-farm transportation – a KAMAZ 45144 vehicle with a trailer. With an increase in the mass of transported hay rolls, the productivity of all studied vehicles for all types of transportation increases. The use of an improved design of a pick-up - transporter of hay rolls for intra-farm and on-farm transportation; its productivity is higher than that of the GAZ-SAZ-33071 vehicle. In this case, it is not necessary to use technical means for loading rolls of hay into this vehicle and unloading them. The use of a GAZ-3302 Gazelle vehicle with a specialized cargo platform allows one to increase its hourly productivity in all types of transportation by 18%-32% compared to a production vehicle.

Keywords: harvesting of agricultural crops, balers, hay bales, carrying capacity of vehicles, types of cargo transportation.

Citation. Ryadnov A. I., Rudenko V. N., Pavlovsky D. S., Fedorov A. V. Results of the assessment of the performance of technical means for harvesting agricultural crops. *Proc. of the Lower Volga Agro-University Comp.* 2024. 2(74). 346-358 (in Russian). DOI:10.32786/2071-9485-2024-02-41.

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 631.374

РЕЗУЛЬТАТЫ ОЦЕНКИ ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТИ ТЕХНИЧЕСКИХ СРЕДСТВ НА УБОРКЕ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ КУЛЬТУР

^{1,2}Ряднов А. И., доктор сельскохозяйственных наук, профессор

²Руденко В. Н., кандидат технических наук, доцент

¹Павловский Д. С., аспирант

¹Федоров А. В., аспирант

¹ФГБОУ ВО Волгоградский ГАУ

г. Волгоград, Российская Федерация

²ФГБОУ ВО Астраханский государственный университет

г. Астрахань, Российская Федерация

Актуальность. Для повышения эффективности уборки сельскохозяйственных культур имеется множество решений по усовершенствованию конструкций современных уборочных и транспортных машин и организации их работы на уборке урожая. При этом используются такие разработки, которые обеспечивают существенное повышение производительности уборочных и транспортных средств с одновременным снижением потерь урожая, расхода топлива, труда и материально-денежных затрат. С повышением производительности машин на уборке урожая сельскохозяйственных культур растет вероятность выполнения агротехнических требований на уборку урожая и, в частности, по ее продолжительности. За счет выполнения агротехнических требований по продолжительности уборки снижаются не только прямые потери урожая, но и повышается его качество. Повысить производительность машин на уборке сельскохозяйственных культур, как следует из данных многих научных работ, возможно за счет сокращения непроизводительных затрат времени смены. Однако вопросы по оценке производительности транспортных средств на перевозках рулонов сена и выбору из них максимально производительных в различных производственных условиях освещены в научной литературе недостаточно полно. **Цель работы** – дать оценку производительности ряда серийных и некоторых усовершенствованных транспортных средств на перевозках рулонов сена. **Материалы и методы.** В процессе подготовки настоящей статьи были использованы научные статьи, отчеты о выполнении научных работ и другие публикации ученых, посвященные исследованиям технологий уборки сельскохозяйственных культур, производительности зерноуборочных и кормоуборочных комбайнов, погрузчиков-транспортировщиков рулонов и тюков сена и транспортных средств. С целью анализа влияния на производительность технических систем, участвующих в уборке с поля рулонов сена, рулоны были сформированы следующими пресс-подборщиками: ПР-Ф-110, ППР-120"Релиан" и ПРФ-750. Погрузка рулонов и разгрузка несамосвалных транспортных средств осуществлялись погрузчиками ПФ-0,5 с приспособлением ПТ-Ф-500 и СНУ-550, агрегатируемых тракторами МТЗ-82.1. Транспортировка рулонов выполнялась КАМАЗ 45144 с прицепом, ГАЗ-САЗ-33071, ГАЗ-3302 «Газель», МТЗ-82.1+2ПТС-4,5 и МТЗ-82.1+ПТРС (погрузчик-транспортировщик рулонов сена). МТЗ-82.1+2ПТС-4,5 и МТЗ-82.1+ПТРС использовались на перевозках рулонов сена на расстояние до 3 км, ГАЗ-САЗ-33071 – до 20 км, КАМАЗ 45144 – на расстояние более 20 км и ГАЗ-3302 «Газель» – до и более 20 км. При выполнении операций погрузки, транспортировки и разгрузки транспортных средств проводился их хронометраж в условиях реальной эксплуатации. **Результаты и обсуждение.** При оценке часовой производительности транспортных средств учитывались: номинальная грузоподъемность транспортных средств, длина ездки с грузом, средняя техническая скорость, коэффициенты использования грузоподъемности и пробега, затраты времени на погрузку рулонов сена на транспортные средства и их разгрузку. В результате расчетов установлено, что при увеличении массы транспортируемых рулонов сена производительность всех исследуемых транспортных средств на всех видах перевозок растет; на внутриусадебных и внутрихозяйственных перевозках максимальную производительность имеют ГАЗ-САЗ-33071, а на внехозяйственных перевозках – КАМАЗ-45144 с прицепом; при использовании усовершенствованных

конструкций подборщика-транспортировщика рулонов сена (ПТРС-2) (патент РФ №2747569), который обеспечивает транспортировку рулонов сена сформированных ПР-Ф-110, ППР-120"Pelikan"и ПРФ-750 в 2 яруса, увеличивается коэффициент использования грузоподъемности соответственно до 0,75; 0,98 и 0,96, при этом производительность ПТРС-2 по сравнению с прототипом ПТРС при транспортировке рулонов сена, сформированных ПР-Ф-110, ППР-120"Pelikan"и ПРФ-750, на внутриусадебных перевозках повышается соответственно на 73%, 33% и 0,6%; а при применении автомобиля ГАЗ-3302 «Газель», оборудованного специализированной грузовой платформой (патент РФ №2554036) с разгрузкой рулонов с платформы на обе стороны автомобиля без применения дополнительных средств, повышается производительность данного ТС по сравнению с серийным бортовым автомобилем на внутриусадебных перевозках рулонов от пресс-подборщиков ПР-Ф-110, ППР-120"Pelikan"и ПРФ-750 соответственно на 23%; 32% и 18%, на внутрихозяйственных перевозках – на 23%; 32% и 18% и внехозяйственных – на 23%; 32% и 18%. **Выводы.** По результатам хронометража работы трех марок автомобилей ГАЗ-САЗ-33071, ГАЗ-3302 «Газель» и КАМАЗ 45144 с прицепом, а также машинно-тракторных агрегатов МТЗ-82.1+2ПТС-4,5 и МТЗ-82.1 с подборщиком-транспортировщиком рулонов сена конструкции Волгоградского ГАУ на перевозках рулонов сена, сформированным пресс-подборщиками ПР-Ф-110, ППР-120"Pelikan"и ПРФ-750, установлено, что на внутриусадебных и внутрихозяйственных перевозках всех видов рулонов максимальную производительность имеет самосвалный автомобиль ГАЗ-САЗ-33071, а на внехозяйственных перевозках – автомобиль КАМАЗ 45144 с прицепом. При увеличении массы транспортируемых рулонов сена производительность всех исследуемых транспортных средств на всех видах перевозок растет. Применение усовершенствованной конструкции подборщика – транспортировщика рулонов сена на внутриусадебных и внутрихозяйственных перевозках его производительность выше, чем у автомобиля ГАЗ-САЗ-33071. При этом не требуется использовать технические средства для погрузки рулонов сена в данное транспортное средство и их выгрузки. Использование автомобиля ГАЗ-3302 «Газель» со специализированной грузовой платформой позволяет повысить его часовую производительность на всех видах перевозок на 18%-32% по сравнению с серийным автомобилем.

Ключевые слова: уборка сельскохозяйственных культур, пресс-подборщики, рулоны сена, грузоподъемность транспортных средств, виды перевозок грузов.

Цитирование. Ряднов А. И., Руденко В. Н., Павловский Д. С., Федоров А. В. Результаты оценки производительности технических средств на уборке сельскохозяйственных культур. *Известия НВ АУК*. 2024. 2(74). 346-358. DOI: 10.32786/2071-9485-2024-02-41.

Авторский вклад. Все авторы настоящего исследования принимали непосредственное участие в планировании, выполнении или анализе данного исследования. Все авторы настоящей статьи ознакомились с представленным окончательным вариантом и одобрили его.

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Введение. Уборка урожая сельскохозяйственных культур – сложный технологический процесс, в котором используется комплекс уборочных, транспортных и грузоподъемных машин, применяются средства технического обслуживания и полевого ремонта машин, системы связи и другое оборудование. Результат уборки зависит от того, как эффективно используются все машины, участвующие на уборке урожая, и, в первую очередь, – уборочные и транспортные средства.

При разработке мероприятий по повышению эффективности использования комплекса машин, используемых на уборочно-транспортных работах, следует учитывать предложения ученых и производителей по повышению производительности [1] и надежности машин [2], снижению затрат энергии [3], потерь урожая [4, 5], повреждаемости убираемой культуры при уборке, погрузке, транспортировке и разгрузке ее [6, 7, 8, 9]. При этом следует отметить, что для повышения эффективности уборки сельскохозяйственных культур имеется еще множество решений по усовершенствованию конструкций современных уборочных и транспортных машин и организации их работы на уборке урожая [10, 11, 12, 13, 14].

В связи с этим, на данном этапе необходимо использовать такие разработки, которые обеспечивают существенное повышение производительности уборочных и транспортных средств (ТС) с одновременным снижением потерь урожая, расхода топлива, труда и материально-денежных затрат.

С повышением производительности машин на уборке урожая сельскохозяйственных культур растет вероятность выполнения агротехнических требований на уборку урожая и, в частности, по ее продолжительности. За счет выполнения агротехнических требований

по продолжительности уборки снижаются не только прямые потери урожая, но и повышается его качество. Повысить производительность машин на уборке сельскохозяйственных культур, как следует из данных многих научных работ [4, 5, 6, 10, 14, 15 и др.], возможно за счет сокращения непроизводительных затрат времени смены. Научных работ по повышению производительности машин, используемых на уборке урожая зерновых и метелочных культур, овощей и корнеклубнеплодов, опубликовано достаточно много. Однако в связи с внедрением в производство робототехники, цифровых технологий с применением систем типа ГЛОНАСС или GPS, искусственных нейронных сетей и т.п. постоянно повышаются требования к конструкциям и технологиям уборки всех сельскохозяйственных культур. Кроме того, вопросы по определению путей повышения производительности машин на уборке сена в рулонах и тюках освещены в научной литературе недостаточно полно и нет однозначных рекомендаций производителям по применению максимально производительных ТС в различных эксплуатационных условиях. В связи с этим определена цель настоящей работы – дать оценку производительности ряда серийных и некоторых усовершенствованных транспортных средств на перевозках рулонов сена.

Материалы и методы. В процессе подготовки настоящей статьи были использованы научные статьи, отчеты о выполнении научных работ и другие публикации ученых, посвященные исследованиям технологий уборки сельскохозяйственных культур, производительности зерноуборочных и кормоуборочных комбайнов, погрузчиков-транспортировщиков рулонов и тюков сена и ТС, особенностям эксплуатации и качества выполнения технологических операций, опубликованные в открытой печати.

При определении возможных резервов повышения производительности технических средств, используемых на уборке сена, сформированного в рулоны, сделано допущение, что сельскохозяйственная культура, например, суданская трава скошена в сроки, установленными агротехническими требованиями на уборку суданской травы, спрессована в рулоны, которые находятся на поле и готовы к подбору и погрузке в ТС.

С целью анализа влияния на производительность технических систем, участвующих в уборке с поля рулонов сена, рулоны были сформированы следующими пресс-подборщиками: ПР-Ф-110, ППР-120 "Pelikan" и ПРФ-750. Масса сформированных рулонов была соответственно 146-150 кг, 248-254 кг и 526-570 кг. Во всех случаях формирования рулонов плотность прессования сена при ее влажности 20-22% равнялась 130-180 кг/м³.

Погрузка рулонов на ТС и разгрузка несамосвального ТС осуществлялись погрузчиками ПФ-0,5 с приспособлением ПТ-Ф-500 и СНУ-550, агрегируемыми тракторами МТЗ-82.1.

Транспортировка рулонов выполнялась автомобилями КАМАЗ 45144 с прицепом, ГАЗ-САЗ-33071, ГАЗ-3302 «Газель», машинно-тракторными агрегатами МТЗ-82.1+2ПТС-4,5 и погрузчиком-транспортировщиком рулонов сена конструкции Волгоградского ГАУ с трактором МТЗ-82.1 (МТЗ-82.1+ПТРС). Номинальная грузоподъемность автомобиля КАМАЗ 45144 с прицепом составляет 27,64 т, ГАЗ-САЗ-33071 – 4,0 т, ГАЗ-3302 – 1,5 т, прицепа 2ПТС-4,5 – 4,5 т и ПТРС – 4,0 т. При этом, МТЗ-82.1+2ПТС-4,5 и МТЗ-82.1+ПТРС использовались на перевозках рулонов сена на расстояние до 3 км, ГАЗ-САЗ-33071 – до 20 км, КАМАЗ 45144 – на расстояние более 20 км и ГАЗ-3302 «Газель» – до и более 20 км.

До начала транспортировки рулонов сена определялось количество рулонов N_p , которые можно разместить на платформу каждого исследуемого ТС:

$$N_p = \frac{L_n}{D_p} n_{\text{ряд}} n_{\text{яр}}, \quad (1)$$

где L_n – длина платформы, м; D_p – средний диаметр рулона, м; $n_{\text{ряд}}$, $n_{\text{яр}}$ – соответственно количество рядов и ярусов рулонов сена, которое возможно уложить на платформу ТС.

Затем определялся расчетный коэффициент использования грузоподъемности γ_p с учетом паспортной грузоподъемности ТС $Q_{\text{тр}}$ суммарной массы M_p расчетного количества рулонов N_p . При этом γ_p не должен превышать паспортного значения данного коэффициента γ_n для исследуемого ТС:

$$\gamma_p = \frac{Q_{тр}}{M_p} \leq \gamma_{п}, \quad (2)$$

где $M_p = N_p m_p$, здесь m_p – средняя масса одного рулона, кг.

При выполнении операций погрузки, транспортировки и разгрузки ТС проводился их хронометраж в соответствии с ГОСТ Р 52758-2007, ГОСТ 28722-2018, ГОСТ 28287-89, ГОСТ 12.2.042-2013, ГОСТ 28286-89 и ГОСТ 20915-2011.

Экспериментальные исследования проводились в ИП Алмазова П. К. Кумылженского района и ИП Березин Ю. И. Михайловского района Волгоградской области.

Результаты и обсуждение. Для расчета часовой производительности ТС (W_q , т/ч) учитывались следующие показатели: номинальная грузоподъемность ТС, а в случае использования прицепа к нему, то – их суммарная номинальная грузоподъемность (q_n , т), длина ездки с грузом (l_{EG} , км), средняя техническая скорость (V_T , км/ч), коэффициент использования грузоподъемности (γ_p) и пробега (β), затраты времени на погрузку рулонов сена на ТС и их разгрузку ($t_{п-р}$, ч) [16]:

$$W_q = \frac{q_n \cdot \gamma_p \cdot V_T \beta}{l_{EG} + V_T \beta \cdot t_{п-р}}. \quad (3)$$

Длина ездки ТС с грузом l_{EG} определялась на основе результатов оценки пробега по полю l_{EP} , грунтовым дорогам $l_{EГР}$ и по дорогам с твердым покрытием $l_{ETП}$:

$$l_{EG} = l_{EP} + l_{EГР} + l_{ETП}. \quad (4)$$

Результаты определения l_{EG} представлены в таблице 1.

Таблица 1 – Длина ездки исследуемых транспортных средств
Table 1 – Ride length of the studied vehicles

Марка ТС / Vehicle Brand	Вид перевозки / Type of transportation											
	Внутриусадебные / Inside the manor				Внутрихозяйственные / on-farm				Внехозяйственные / off-farm			
	l_{EP} , км	$l_{EГР}$, км	$l_{ETП}$, км	l_{EG} , км	l_{EP} , км	$l_{EГР}$, км	$l_{ETП}$, км	l_{EG} , км	l_{EP} , км	$l_{EГР}$, км	$l_{ETП}$, км	l_{EG} , км
МТЗ-82.1+ 2ПТС-4,5 / MTZ-82.1+ 2PTS-4,5	0,6	1,7	0,4	2,7	-	-	-	-	-	-	-	-
МТЗ-82.1+ ПТРС / MTZ- 82.1+ PTRS	0,3	1,8	0	2,1	-	-	-	-	-	-	-	-
ГАЗ-САЗ- 33071 / GAZ- SAZ-33071	0,6	1,2	1,0	2,8	0,7	1,2	4,4	6,3	-	-	-	-
ГАЗ-3302 «Газель» / GAZ-3302 Gazelle	0,7	0,9	1,1	2,7	0,7	1,1	7,1	8,9	0,7	1,2	36,8	38,7
КаМАЗ 45144 с прицепом / KaMAZ 45144 with trailer	-	-	-	-	-	-	-	-	0,2	1,2	92,7	94,1

Среднюю техническую скорость ТС рассчитывали по зависимости:

$$V_T = l_{EG} / \left(\frac{l_{EP}}{V_{EP}} + \frac{l_{EГР}}{V_{EГР}} + \frac{l_{ETП}}{V_{ETП}} \right), \quad (5)$$

где V_{EP} , $V_{EГР}$ и $V_{ETП}$ – соответственно скорости ТС по полю, грунтовым дорогам и дорогам с твердым покрытием.

Результаты расчета технической скорости ТС представлены в таблице 2.

Таблица 2 – Техническая скорость исследуемых транспортных средств
Table 2 – Technical speed of the studied vehicles

Марка ТС / Vehicle Brand	V_T , км/ч		
	Вид перевозки / Type of transportation		
	Внутриусадебные / Inside the manor	Внутрихозяй- ственные / on-farm	Внехозяй- ственные / off-farm
MT3-82.1+ 2ПТС-4,5 / MTZ-82.1+ 2PTS-4,5	9,15	-	-
MT3-82.1+ ПТРС / MTZ-82.1+ PTRS	9,22	-	-
ГАЗ-САЗ-33071 / GAZ-SAZ-33071	20,70	29,23	-
ГАЗ-3302 «Газель» / GAZ-3302 Gazelle	19,36	32,72	48,38
КаМАЗ 45144 с прицепом / KaMAZ 45144 with trailer	-	-	65,91

Отметим, что результаты хронометража показали, что составляющие I_{EF} и V_T практически не зависят от того, каким пресс-подборщиком были сформированы транспортируемые рулоны.

Для определения затрат времени на погрузку рулонов сена на ТС и их разгрузку использовались данные хронометража по продолжительности загрузки ТС рулонами (t_{3P}), переездов между рулонами при их погрузках в ТС ($t_{ПЕР}$) и разгрузки ТС (t_P):

$$t_{П-Р} = t_{3P} + t_{ПЕР} + t_P . \quad (6)$$

Применительно к агрегату MT3-82.1+ПТРС, который выполняет погрузку рулонов сена во время переезда между рулонами, затраты времени на погрузку рулонов в ПТРС и на переезды его от одного рулона к другому совмещаются.

Значения необходимых для расчета $W_{\text{ч}}$ показателей ТС при их использования на внутриусадебных перевозках рулонов сена представлены в табл.3 – табл.5, на внутрихозяйственных – в табл.6 и внехозяйственных перевозках – в табл. 7.

Таблица 3 – Данные к расчету производительности транспортных средств на внутриусадебных перевозках рулонов сена, сформированных пресс-подборщиком ПР-Ф-110

Table 3 – Data for calculating the productivity of vehicles for in-house transportation of hay rolls formed by the PR-F-110 baler

Составляющие $W_{\text{ч}}$ / Constituents of $W_{\text{ч}}$	Марка ТС / Vehicle Brand			
	MT3-82.1+ 2ПТС-4,5 / MTZ- 82.1+ 2PTS-4,5	MT3-82.1+ ПТРС / MTZ- 82.1+ PTRS	ГАЗ-САЗ-33071 / GAZ-SAZ-33071	ГАЗ-3302 «Газель» / GAZ-3302 Gazelle
γ_p	0,464	0,375	0,371	0,909
β	0,96	0,81	0,91	0,93
$t_{3P}, \text{ч}$	0,102	0,058	0,085	0,082
$t_{ПЕР}, \text{ч}$	0,070		0,044	0,040
$t_P, \text{ч}$	0,051	0,042	0,030	0,083
$t_{П-Р}, \text{ч}$	0,223	0,100	0,159	0,205

Таблица 4 – Данные к расчету производительности транспортных средств на внутриусадебных перевозках рулонов сена, сформированных пресс-подборщиком ППР-120"Pelikan"

Table 4 – Data for calculating the productivity of vehicles for in-house transportation of hay rolls formed by the PPR-120 Pelikan baler

Составляющие $W_{\text{ч}}$ / Constituents of $W_{\text{ч}}$	Марка ТС / Vehicle Brand			
	MT3-82.1+ 2ПТС-4,5/ MTZ-82.1+ 2PTS-4,5	MT3-82.1+ ПТРС / MTZ- 82.1+ PTRS	ГАЗ-САЗ-33071 / GAZ-SAZ-33071	ГАЗ-3302 «Газель» / GAZ-3302 Gazelle
γ_p	0,700	0,625	0,657	0,944
β	0,96	0,81	0,91	0,93
$t_{3P}, \text{ч}$	0,126	0,083	0,105	0,102
$t_{ПЕР}, \text{ч}$	0,100		0,063	0,044
$t_P, \text{ч}$	0,051	0,042	0,030	0,083
$t_{П-Р}, \text{ч}$	0,277	0,125	0,198	0,229

Таблица 5 – Данные к расчету производительности транспортных средств на внутриусадебных перевозках рулонов сена, сформированных пресс-подборщиком ПРФ-750
Table 5 – Data for calculating the productivity of vehicles for in-house transportation of hay rolls formed by the PRF-750 baler

Составляющие <i>Wч / Constituents of Wh</i>	Марка ТС / Vehicle Brand			
	МТЗ-82.1+ 2ПТС-4,5 / MTZ- 82.1+ 2PTS-4,5	МТЗ-82.1+ ПТРС / MTZ- 82.1+ PTRS	ГАЗ-САЗ-33071 / GAZ-SAZ-33071	ГАЗ-3302 «Газель» / GAZ-3302 Gazelle
γ_p	0,98	0,83	0,83	0,94
β	0,96	0,81	0,91	0,93
$t_{3p}, ч$	0,112	0,070	0,084	0,082
$t_{пер}, ч$	0,093		0,053	0,026
$t_p, ч$	0,051	0,042	0,030	0,083
$t_{п-р}, ч$	0,256	0,112	0,167	0,191

Таблица 6 – Данные к расчету производительности транспортных средств на внутрихозяйственных перевозках рулонов сена
Table 6 – Data for calculating the productivity of vehicles for on-farm transportation of hay rolls

Составляющие <i>Wч / Constituents of Wh</i>	Марка ТС / Vehicle Brand					
	ГАЗ-САЗ-33071 / GAZ-SAZ-33071	ГАЗ-3302 «Газель» / GAZ-3302 Gazelle	ГАЗ-САЗ-33071 / GAZ-SAZ-33071	ГАЗ-3302 «Газель» / GAZ-3302 Gazelle	ГАЗ-САЗ-33071 / GAZ-SAZ-33071	ГАЗ-3302 «Газель» / GAZ-3302 Gazelle
Марка пресс-подборщика / Baler Brand	ПР-Ф-110 / PR-F-110		ППР-120"Pelikan" / PPR-120"Pelikan"		ПРФ-750 / PRF-750	
γ_p	0,300	0,87	0,560	0,86	0,83	0,94
β	0,79	0,74	0,79	0,74	0,79	0,74
$t_{3p}, ч$	0,085	0,082	0,105	0,102	0,084	0,082
$t_{пер}, ч$	0,062	0,060	0,063	0,044	0,053	0,026
$t_p, ч$	0,030	0,042	0,030	0,042	0,030	0,042
$t_{п-р}, ч$	0,177	0,184	0,198	0,188	0,167	0,150

Таблица 7 – Данные к расчету производительности транспортных средств на внехозяйственных перевозках рулонов сена
Table 7 – Data for calculating the productivity of vehicles for non-household transportation of hay rolls

Составляющие <i>Wч / Constituents of Wh</i>	Марка ТС / Vehicle Brand					
	ГАЗ-3302 «Газель» / GAZ-3302 Gazelle	КаМАЗ 45144 с прицепом / KaMAZ 45144 with trailer	ГАЗ-3302 «Газель» / GAZ-3302 Gazelle	КаМАЗ 45144 с прицепом / KaMAZ 45144 with trailer	ГАЗ-3302 «Газель» / GAZ-3302 Gazelle	КаМАЗ 45144 с прицепом / KaMAZ 45144 with trailer
Марка пресс-подборщика / Baler Brand	ПР-Ф-110 / PR-F-110		ППР-120"Pelikan" / PPR-120"Pelikan"		ПРФ-750 / PRF-750	
γ_p	0,84	0,27	0,79	0,43	0,94	0,79
β	0,84	0,79	0,84	0,79	0,84	0,79
$t_{3p}, ч$	0,082	0,408	0,105	0,504	0,084	0,580
$t_{пер}, ч$	0,062	0,060	0,044	0,138	0,026	0,141
$t_p, ч$	0,083	0,065	0,083	0,065	0,083	0,065
$t_{п-р}, ч$	0,227	0,533	0,232	0,707	0,193	0,768

Таблица 8 – Производительность ТС на внутриусадебных перевозках рулонов сена
Table 8 – Productivity of vehicles for domestic transportation of hay rolls

W_q , т/ч			
Рулоны сена, сформированные пресс-подборщиком ПР-Ф-110 / Hay bales formed by the PR-F-110 baler			
Марка ТС / Vehicle Brand			
МТЗ-82.1+2ПТС-4,5 / MTZ-82.1+ 2PTS-4,5	МТЗ-82.1+ПТС / MTZ-82.1+ PTRS	ГАЗ-САЗ-33071 / GAZ- SAZ-33071	ГАЗ-3302 «Газель» / GAZ-3302 Gazelle
3,94	3,94	4,82	3,84
Рулоны сена, сформированные пресс-подборщиком ППР-120"Pelikan" / Hay bales formed by PPR-120 "Pelikan" baler			
5,39	6,15	7,51	3,74
Рулоны сена, сформированные пресс-подборщиком ПРФ-750 / Hay bales formed by PRF-750 baler			
7,83	8,44	10,52	4,14

Таблица 9 – Производительность ТС на внутрихозяйственных перевозках рулонов сена
Table 9 – Productivity of vehicles for on-farm transportation of hay rolls

W_q , т/ч					
Марка ТС / Vehicle Brand					
ГАЗ-САЗ-33071 / GAZ- SAZ-33071	ГАЗ-3302 «Газель» / GAZ- 3302 Gazelle	ГАЗ-САЗ-33071 / GAZ- SAZ-33071	ГАЗ-3302 «Газель» / GAZ- 3302 Gazelle	ГАЗ-САЗ-33071 / GAZ- SAZ-33071	ГАЗ-3302 «Газель» / GAZ-3302 Gazelle
ПР-Ф-110 / PR-F-110		ППР-120"Pelikan" / PPR-120"Pelikan"		ПРФ-750 / PRF-750	
2,67	2,37	4,76	2,32	7,55	2,72

Таблица 10 – Производительность ТС на внехозяйственных перевозках рулонов сена
Table 10 – Productivity of vehicles for non-household transportation of hay rolls

W_q , т/ч					
Марка ТС / Vehicle Brand					
ГАЗ-3302 «Газель» / GAZ-3302 Gazelle	КаМАЗ 45144 с прицепом / KaMAZ 45144 with trailer	ГАЗ-3302 «Газель» / GAZ-3302 Gazelle	КаМАЗ 45144 с прицепом / KaMAZ 45144 with trailer	ГАЗ-3302 «Газель» / GAZ-3302 Gazelle	КаМАЗ 45144 с прицепом / KaMAZ 45144 with trailer
ПР-Ф-110 / PR-F-110		ППР-120"Pelikan" / PPR- 120"Pelikan"		ПРФ-750 / PRF-750	
1,07	3,19	1,01	4,73	1,23	8,48

Полученные результаты расчетов часовой производительности ТС, представленные в табл. 3 – табл. 7, позволили установить влияние массы одного рулона сена m_p на W_q (см. рис.) при условии, что ТС загружено без превышения его номинальной грузоподъемности.

Результаты исследований показывают:

- при увеличении массы транспортируемых рулонов сена производительность всех исследуемых ТС на всех видах перевозок растет;
- на внутриусадебных и внутрихозяйственных перевозках максимальную производительность имеют самосвалы автомобиль ГАЗ-САЗ-33071, а на внехозяйственных перевозках – большегрузный автомобиль КаМАЗ-45144 с прицепом.

Следует отметить, что хронометраж уборки рулонов сена с поля показал, что при внутриусадебных перевозках рулонов в тракторных прицепах трактор с погрузчиком занят лишь в течение 30 % времени смены.

Проведены также исследования производительности усовершенствованных конструкций:

- подборщика-транспортировщика рулонов сена (патент РФ №2747569), который обеспечивает транспортировку рулонов сена сформированных ПР-Ф-110, ППР-120"Pelikan"и ПРФ-750 в 2 яруса, при этом повышается коэффициент использования грузоподъемности соответственно до 0,75; 0,98 и 0,96, несколько растут затраты времени на переезды его от одного рулона к другому при их погрузке, но при этом затраты времени на погрузку рулонов в ТС не изменяются;

- автомобиля ГАЗ-3302 «Газель», оборудованного специализированной грузовой платформой (патент РФ №2554036), применение которой позволяет разгружать рулоны с платформы на обе стороны автомобиля без применения машин для разгрузки бортовых транспортных средств.

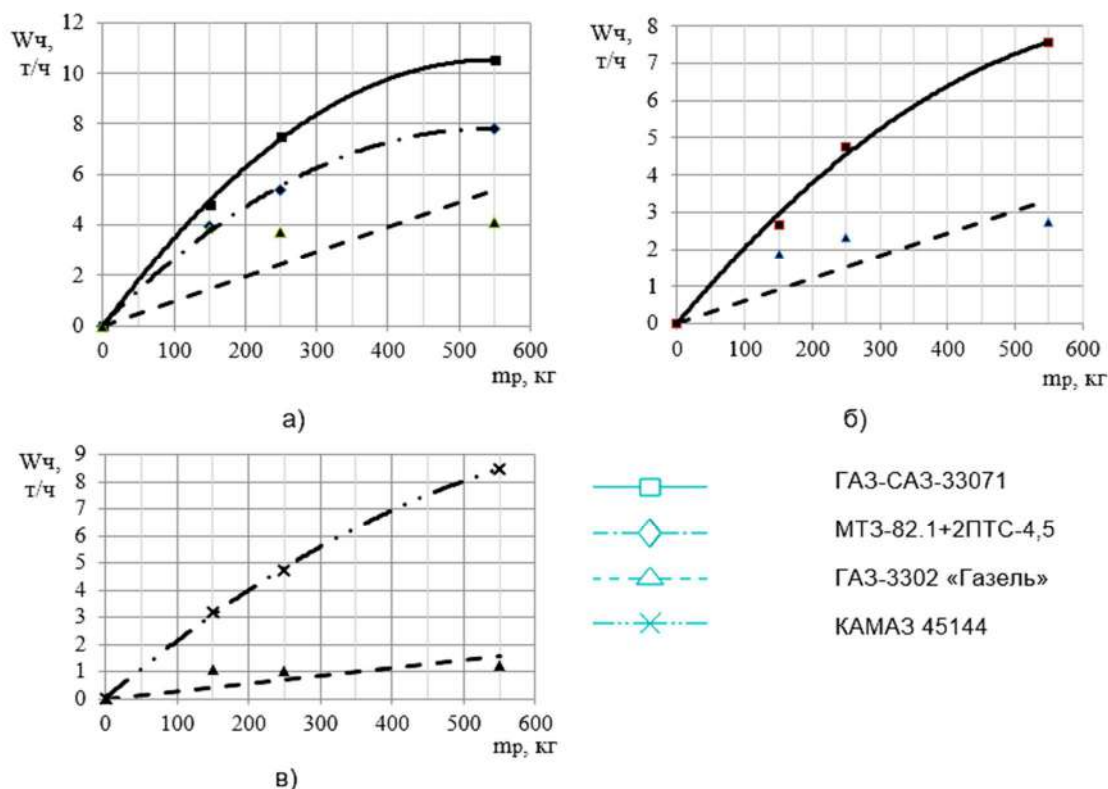


Рисунок – Зависимости часовой производительности ТС от массы рулона сена на внутриусадебных (а); внутрихозяйственных (б) и внехозяйственных (в) перевозках.
Figure – The dependence of the hourly productivity of a vehicle on the weight of a roll of hay on intra-household (a); on-farm (b) and off-farm (c) transportation.

Результаты оценки производительности усовершенствованных ТС представлены в табл. 11.

Таблица 11 – Результаты оценки производительности усовершенствованных ТС
Table 11 – Performance evaluation results of improved vehicles

Марка ТС / Vehicle Brand	Вид перевозки / Type of transportation								
	Внутриусадебные / Inside the manor			Внутрихозяйственные / on-farm			Внехозяйственные / off-farm		
	Марка пресс-подборщика / Baler Brand								
	ПР-Ф- 110 / PR-F- 110	ППР- 120 / PPR- 120	ПРФ- 750 / PRF- 750	ПР-Ф- 110 / PR-F- 110	ППР- 120 / PPR- 120	ПРФ- 750 / PRF- 750	ПР-Ф-110 / PR-F-110	ППР- 120 / PPR- 120	ПРФ- 750 / PRF- 120
МТЗ-82.1+ ПТРС-2 / MTZ- 82.1+ PTRS-2	6,83	8,18	8,49	-	-	-	-	-	-
ГАЗ-3302 со спец. плат- формой / GAZ- 3302 with special. Platform	4,74	4,92	4,90	2,50	2,44	3,12	1,13	1,06	1,31

Сравнение производительности ТС-прототипов и ТС усовершенствованной конструкции показывает:

- применение подборщика-транспортировщика рулонов сена усовершенствованной конструкции (ПТРС-2) позволяет повысить производительность ТС при транспортировке рулонов сена сформированных ПР-Ф-110, ППР-120"Pelikan"и ПРФ-750 на внутриусадебных перевозках соответственно на 73%, 33% и 0,6%;

- использование автомобиля ГАЗ-3302 «Газель» со специализированной грузовой платформой повысить производительность данного ТС на внутриусадебных перевозках рулонов от пресс-подборщиков ПР-Ф-110, ППР-120"Pelikan" и ПРФ-750 соответственно на 23%; 32% и 18%, на внутрихозяйственных перевозках – на 23%; 32% и 18% и внехозяйственных – на 23%; 32% и 18%.

Выводы. По результатам хронометража работы трех марок автомобилей ГАЗ-САЗ-33071, ГАЗ-3302 «Газель» и КАМАЗ 45144 с прицепом, а также машинно-тракторных агрегатов МТЗ-82.1+2ПТС-4,5 и МТЗ-82.1 с подборщиком-транспортировщиком рулонов сена конструкции Волгоградского ГАУ на перевозках рулонов сена, сформированным пресс-подборщиками ПР-Ф-110, ППР-120"Pelikan"и ПРФ-750, установлено, что на внутриусадебных и внутрихозяйственных перевозках всех видов рулонов максимальную производительность имеет самосвальный автомобиль ГАЗ-САЗ-33071, а на внехозяйственных перевозках – автомобиль КАМАЗ 45144 с прицепом.

При увеличении массы транспортируемых рулонов сена производительность всех исследуемых транспортных средств на всех видах перевозок растет.

Применение усовершенствованной конструкции подборщика-транспортировщика рулонов сена на внутриусадебных и внутрихозяйственных перевозках его производительность выше, чем у автомобиля ГАЗ-САЗ-33071. При этом не требуется использовать технические средства для погрузки рулонов сена в данное транспортное средство и их выгрузки.

Использование автомобиля ГАЗ-3302 «Газель» со специализированной грузовой платформой позволяет повысить его часовую производительность на всех видах перевозок на 18 %-32 % по сравнению с серийным автомобилем.

Conclusions. According to the results of the timing of the work of three brands of GAZ-SAZ-33071, GAZ-3302 Gazelle and KAMAZ 45144 cars with a trailer, as well as MTZ-82.1+2PTS-4.5 and MTZ-82.1 tractor units with a baler-conveyor of hay rolls designed by Volgograd State Agrarian University for the transportation of hay rolls, formed by a press-pickers PR-F-110, PPR-120 "Pelikan" and PRF-750 found that the GAZ-SAZ-33071 dump truck had the maximum performance on domestic and on-farm transportation of all types of rolls, and on off-farm transportation – KAMAZ 45144 with a trailer.

With an increase in the mass of transported hay rolls, the productivity of all studied vehicles increases in all types of transportation.

The use of an improved design of the baler-conveyor of hay rolls in domestic and on-farm transportation, its performance is higher than that of the GAZ-SAZ-33071 car. At the same time, it does not require the use of technical means for loading hay rolls into this vehicle and unloading them.

The use of the GAZ-3302 Gazelle car with a specialized cargo platform makes it possible to increase its hourly productivity in all types of transportation by 18%-32% compared with a production car.

Библиографический список

1. Степашкина А. С. Повышение эффективности использования автотранспортных средств за счет увеличения номинального объема кузова при выполнении зерноуборочных работ. Вестник Рязанского государственного агротехнологического университета имени П. А. Костычева. 2021. № 2. С. 122-128.
2. Овчинникова Н. И., Косарева А. В. Композиционный метод оценки времени между отказами сельскохозяйственной уборочно-транспортной системы. Вестник Иркутского государственного технического университета. 2018. Т. 22. № 10. С. 46-55.
3. Xia L., Quan L., Ge L., Hao Y. Energy efficiency analysis of drive integrated and energy recuperation system for hydraulic excavator boom. Energ. Convers. Manage. 2018. Vol. 156. Pp. 680-687.
4. Кураш И. М., Лонцева И. А., Силохина Л. С. Повышение эффективности уборочно-транспортного комплекса за счет сокращения непроизводительных операций. Агронаука. 2023. Т. 1. № 2. С. 127-133.
5. Лонцева И. А., Кураш И. М., Овчинникова О.Ф. Методы повышения эффективности уборочно-транспортного звена. Дальневосточный аграрный вестник. 2022. Т. 16. № 3. С. 107-114.
6. Бортник А. В., Успенский И. А., Юхин И. А., Волченкова В. А. Мероприятия по повышению эксплуатационных показателей автотракторной техники при внутрихозяйственных перевозках в АПК. Техника и оборудование для села. 2019. № 9. С. 33-36.
7. Симдянкин А. А., Успенский И. А., Белю Л. П., Филюшин О. В. Повреждаемость плодов в результате транспортировки. Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование. 2020. № 2 (58). С. 346-356.

8. Byshov N. V., Borychev S. N., Simdyankin A. A., Yukhin I. A., Golikov A. A. Increasing the safety of agricultural products during its transportation and unloading. ACM International Conference Proceeding Series. 2018. Pp. 176-179.
9. Byshov N. V., Borychev S. N., Kashirin D. E., Kokorev G. D., Kostenko M. Y., Rembalovich G. K., Simdyankin A. A., Uspensky I. A., Shemyakin A. V., Yukhin I. A., Danilov I. K., Ryadnov A. I., Kosul'nikov B. A. Theoretical studies of the damage process of easily damaged products in transport vehicle body during the on-farm transportation. ARPN Journal of Engineering and Applied Sciences. 2018. V. 13. N. 10. Pp. 3502-3508.
10. Ряднов А. И., Федорова О. А., Шарипов Р. В., Бариль В. А. Повышение производительности соргоуборочного комбайна за счет применения усовершенствованного режущего аппарата жатки. Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование. 2021. № 1 (61). С. 441-452.
11. Ловчиков А. П., Бжезовский А. О., Макаровская З. В. Разработка комбинированной системы очистки зернового вороха зерноуборочного комбайна. Известия Оренбургского государственного аграрного университета. 2020. № 3 (83). С. 157-159.
12. Мапельман В., Костромичёва И., Федоров И. Транспортные средства: их многообразие и специфика. Основы безопасности жизнедеятельности. 2020. № 2 (242). С. 42-47.
13. Ряднов А. И., Ловчиков А. П., Шагин О. С., Шахов В. А. К разработке стационарного процесса обмолота хлебной массы комбайном с классическим молотильно-сепарирующим устройством. Известия НВ АУК. 2019. № 2 (54). С. 314-322.
14. Коношин И. В., Булавинцев Р. А., Волженцев А. В., Михайлов М. Р., Звекон А. В. Повышение эффективности уборки зерновых культур. Нива Поволжья. 2019. № 4 (53). С. 141-147.
15. Ряднов А. И., Любимов Р. В., Федоров А. В., Воронин С. М. Оценка производительности и безотказности погрузчика-транспортировщика рулонов сена. Известия НВ АУК. 2023. № 4 (72). С. 427-440.
16. Шепелев В. Д., Альметова З. В., Агеев П. И., Шепелева Е. В. Моделирование эффективности использования грузового автомобильного транспорта в зависимости от срока его эксплуатации. Вестник ЮУрГУ. 2018. Т. 12. № 2. С. 179-184.

References

1. Stepashkina A. S. Improving the efficiency of using motor vehicles by increasing the nominal volume of the body when performing grain harvesting. Bulletin of the Ryazan State Agrotechnological University named after P. A. Kostychev. 2021. No 2. Pp. 122-128.
2. Ovchinnikova N. I., Kosareva A.V. A compositional method for estimating the time between failures of the agricultural harvesting and transport system. Bulletin of the Irkutsk State Technical University. 2018. Vol. 22. No. 10. Pp. 46-55.
3. Xia L., Quan L., Ge L., Hao Y. Energy efficiency analysis of drive integrated and energy recuperation system for hydraulic excavator boom. Energ. Convers. Manage. 2018. Vol. 156. Pp. 680-687.
4. Kurash I. M., Lontseva I. A., Silokhina L. S. Improving the efficiency of the harvesting and transport complex by reducing unproductive operations. Agronauka. 2023. V. 1. No. 2. Pp. 127-133.
5. Lontseva I. A., Kurash I. M., Ovchinnikova O. F. Methods of increasing the efficiency of the harvesting and transport link. Far Eastern Agrarian Bulletin. 2022. Vol. 16. No. 3. Pp. 107-114.
6. Bortnik A. V., Uspenskii I. A., Yukhin I. A., Volchenkova V. A. Measures to Improve the Operational Indicators of Automotive and Tractor Equipment in On-Farm Transportation in the Agro-Industrial Complex. Equipment and equipment for the village. 2019. № 9. Pp. 33-36.
7. Simdyankin A. A., Uspenskii I. A., Belyu L. P., Filyushin O. V. Damage to fruits as a result of transportation. Proceedings of the Nizhnevolzhsky Agro-University Complex: science and higher professional education. 2020. № 2 (58). P. 346-356.
8. Byshov N. V., Borychev S. N., Simdyankin A. A., Yukhin I. A., Golikov A. A. Increasing the safety of agricultural products during its transportation and unloading. ACM International Conference Proceeding Series. 2018. Pp. 176-179.
9. Byshov N. V., Borychev S. N., Kashirin D. E., Kokorev G. D., Kostenko M. Y., Rembalovich G. K., Simdyankin A. A., Uspensky I. A., Shemyakin A. V., Yukhin I. A., Danilov I. K., Ryadnov A. I., Kosul'nikov B. A. Theoretical studies of the damage process of easily damaged products in transport vehicle body during the on-farm transportation. ARPN Journal of Engineering and Applied Sciences. 2018. V. 13. N. 10. Pp. 3502-3508.
10. 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. Proceedings of the Nizhnevolzhsky Agro-University Complex: science and higher professional education. 2021. № 1 (61). Pp. 441-452.
11. Lovchikov A. P., Brzezovsky A. O., Makarovskaya Z. V. Development of a combined system for cleaning a grain pile of a combine harvester. Izvestiya Orenburg State Agrarian University. 2020. No 3 (83). Pp. 157-159.
12. Mapelman V., Kostromicheva I., Fedorov I. Vehicles: their diversity and specificity. Fundamentals of life safety. 2020. No 2 (242). Pp. 42-47.
13. Ryadnov A. I., Lovchikov A. P., Shagin O. S., Shakhov V. A. On the Development of a Stationary Process of Threshing Bread Mass by a Combine Harvester with a Classical Threshing and Separating Device. Izvestiya NV AUK. 2019. № 2 (54). Pp. 314-322.
14. Konoshin I. V., Bulavintsev R. A., Volzhentsev A. V., Mikhailov M. R., Zvekov A. V. Improving the Efficiency of Harvesting Grain Crops. Niva of the Volga region. 2019. № 4 (53). Pp. 141-147.
15. Ryadnov A. I., Lyubimov R. V., Fedorov A.V., Voronin S. M. Evaluation of productivity and reliability of a loader-conveyor of hay rolls. Izvestia NV AUK. 2023. No 4 (72). Pp. 427-440.
16. Shepelev V. D., Almetova Z. V., Ageev P. I., Shepeleva E. V. Modeling the Efficiency of the Use of Freight Automobile Transport Depending on the Period of Its Operation. SUSU Bulletin. 2018. V. 12. № 2. Pp. 179-184.

Информация об авторах

Ряднов Алексей Иванович, Заслуженный работник высшей школы РФ, доктор сельскохозяйственных наук, профессор кафедры «Эксплуатация и технический сервис машин в АПК», ФГБОУ ВО Волгоградский ГАУ (Российская Федерация, 400002, г. Волгоград, пр. Университетский, д. 26); профессор кафедры агротехнологий ФГБОУ ВО Астраханский государственный университет им. В. Н. Татищева (Российская Федерация, 414056, г. Астрахань, ул. Татищева, д. 20а), ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-2364-4944>, e-mail: alex.rjadnov@mail.ru

Руденко Валерий Николаевич, кандидат технических наук, доцент кафедры агротехнологий ФГБОУ ВО Астраханский государственный университет им. В. Н. Татищева (Российская Федерация, 414056, г. Астрахань, ул. Татищева, д. 20а), ORCID: <https://www.orcid-ru.org/0000-0001-6518-9594>, e-mail: rudinko@yandex.ru

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

Федоров Алексей Валерьевич, аспирант 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/0000-0001-6891-5459>, e-mail: alex_fedorow_97@mail.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), Professor of the Department of Agricultural Technologies of the Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education Astrakhan State University named after V. N. Tatishcheva (Russian Federation, 414056, Astrakhan, Tatishcheva st., 20a), ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-2364-4944>, e-mail: alex.rjadnov@mail.ru

Rudenko Valery Nikolaevich, Candidate of Engineering Sciences, Associate Professor of the Department of Agricultural Technologies, Astrakhan V. N. Tatishchev State University (Russian Federation, 414056, Astrakhan, Tatishcheva St., 20a), ORCID: <https://www.orcid-ru.org/0000-0001-6518-9594>, e-mail: rudinko@yandex.ru

Pavlovsky Dmitriy Sergeevich, postgraduate student of the Department "Operation and Technical 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

Fedorov Aleksey Valerievich, graduate student of the department "Operation and technical service of machines in the agro-industrial complex" Volgograd State Agrarian University (Russian Federation, 400002, Volgograd, Universitetskiy Ave. 26), ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-6891-5459>, e-mail: alex_fedorow_97@mail.ru

DOI: 10.32786/2071-9485-2024-02-42

**TRACTION RESISTANCE OF A CHISEL PLOW SECTION WITH WORKING BODIES
OF VARIOUS GEOMETRIC SHAPES****Fomin S. D., Gapich D. S., Subbotin S. I., Shvabauer Yu. A.***Volgograd State Agrarian University
Volgograd, Russian Federation*

Corresponding author E-mail: fsd_58@mail.ru

Received 25.01.2023

Submitted 05.04.2024

Summary

The experimental results showed that the modified working bodies with a modified surface shape had a lower traction resistance compared to the serial ones.

Abstract

Introduction. The improvement of working bodies for agricultural machinery plays an important role in improving production efficiency. This makes it possible to improve the quality of tillage, reduce fuel consumption and increase the productivity of agricultural machinery. The development of modernized working bodies for the chisel plow is aimed at optimizing the process of chiseling the soil in order to reduce energy consumption. Research shows that the use of such working bodies helps to improve the tillage process, reduce energy consumption and increase the efficiency of the plow. **Object.** The object of the study is the working body of a chisel plow, made in the form of a chisel. **Materials and methods.** Experimental research methods were used. Experimental studies were carried out on real objects of tillage implements equipped with working bodies with different geometric characteristics of the working surface, using standard techniques. **Results and conclusions.** The experimental results showed that the modified working bodies with a modified surface shape had a lower traction resistance compared to the serial ones. This suggests that optimizing the shape of the working bodies allows you to reduce energy consumption for soil work. Further research in this direction may lead to the creation of more efficient agricultural tools and an improved tillage process.

Keywords: chisel ploughs, chisel plough chisel, experimental working bodies of chisel plough.

Citation. Fomin S. D., Gapich D. S., Subbotin S. I., Shvabauer Yu. A. Traction resistance of a chisel plow section with working bodies of various geometric shapes. *Proc. of the Lower Volga Agro-University Comp.* 2024. 2(74). 358-367 (in Russian). DOI:10.32786/2071-9485-2024-02-42.

Author's contribution. All the authors of this study were directly involved in the planning, execution or analysis of this study. All the authors of this article have read the final version presented and approved it.

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