

**Научная статья**  
**УДК 631.372**

**СНИЖЕНИЕ ТРУДОЕМКОСТИ ТРАНСПОРТИРОВКИ РУЛОНОВ СЕНА  
ТРАКТОРНЫМИ АГРЕГАТАМИ**

<sup>1</sup>**Алексей Иванович Ряднов, <sup>1</sup>Алексей Валерьевич Федоров,**

<sup>2</sup>**Баатр Канурович Болаев, <sup>2</sup>Юрий Нимеевич Арылов**

<sup>1</sup>ФГБОУ ВО Волгоградский ГАУ, г. Волгоград, Россия

<sup>2</sup>ФГБОУ ВО Калмыцкий ГУ имени Б.Б. Городовикова, г. Элиста, Россия

**Аннотация.** На транспортировке выращенного урожая, удобрений, средств защиты от вредителей и болезней и других грузов используются не только грузовые автомобили, но и тракторные транспортные агрегаты, применение которых особенно актуально на внутриусадебных и внутрихозяйственных перевозках, на пересеченной местности и по бездорожью. Один из путей повышения эффективности использования тракторных транспортных агрегатов в таких условиях - снижение трудоемкости работ на перевозках рулонов сена. На перевозках рулонов сена широко используются серийные тракторные транспортные агрегаты МТЗ-82.1+2ПТС-4,5 с загрузкой рулонов в 2ПТС-4,5 погрузчиком ПКУ-0,8 на базе МТЗ-82.1. На транспортировке рулонов сена используются также и другие агрегаты, в состав которых входит, например, трактор МТЗ-82.1 с разработанной автоматизированной погрузочно-транспортной разгрузочной машиной ПТРМ-2. Цель работы - дать оценку трудоемкости транспортировки рулонов сена к местам складирования серийными тракторными агрегатами и разработанной погрузочно-транспортной разгрузочной машиной. На основе сплошного хронометража использования исследуемых серийных тракторных транспортных средств МТЗ-82.1+2ПТС-4,5 с загрузкой тракторного прицепа четырьмя и семью рулонами сена, определена суммарная трудоемкость указанных операций при доставке к местам складирования соответственно 36 и 42 рулона за смену. Полученные значения суммарной трудоемкости сравнивались с соответствующим показателем ПТРМ-2. ПТРМ-2 транспортирует за смену в среднем 56 рулонов сена с трудоемкостью работ суммарной 6,042 чел.ч и приходящейся на один рулон - 0,108 чел.ч. Применение на уборке с поля рулонов сена ПТРМ-2 позволяет автоматизировать процесс погрузки рулонов сена без остановок агрегата. При этом суммарная трудоемкость работ будет ниже, чем при использовании агрегата МТЗ-82.1+2ПТС-4,5 с загрузкой 4 и 7 рулонов сена в тракторный прицеп соответственно на 39,1% и 27,79%.

**Ключевые слова:** трудоемкость, тракторный транспортный агрегат, рулон сена, внутриусадебные и внутрихозяйственные перевозки.

**Для цитирования:** Снижение трудоемкости транспортировки рулонов сена тракторными агрегатами / А.И. Ряднов, А.В. Федоров, Б.К. Болаев, Ю.Н. Арылов // Вестник Брянской ГСХА. 2025. № 6 (112). С. 66-71.

**Original article**

**REDUCTION OF LABOUR INTENSITY WHILE TRANSPORTING HAY ROLLS  
BY TRACTOR UNITS**

<sup>1</sup>**Alexey I. Ryadnov, <sup>1</sup>Alexey V. Fedorov,**

<sup>2</sup>**Baatr K. Bolaev,<sup>2</sup>Yuri N. Arylov**

<sup>1</sup>Volgograd State Agricultural University, Volgograd, Russia

<sup>2</sup>Kalmyk State University named after B.B. Gorodovikov, Elista, Russia

**Abstract.** Transporting harvested crops, fertilizers, pest and disease control products, and other cargo requires not only trucks but also tractor-driven transport units, which are particularly useful for intra-household and intra-farm transportation, over rough terrain, and off-road. One way to improve the efficiency of tractor-driven transport units in such conditions is to reduce the labour intensity of hay bale transportation. The MTZ-82.1+2PTS-4.5 series tractor-driven transport units are widely used for hay bale transportation, with the bales being loaded into the 2PTS-4.5 by the PKU-0.8 loader based on the MTZ-82.1. Other units are also used for hay bale transportation, including, for example, the MTZ-82.1 tractor with a newly developed PTRM-2 automated loading, transport, and unloading machine. The objective of this study was to assess the labour intensity of hay bale transportation to storage locations using the standard tractor units and the newly developed loading, transport, and unloading machine. Based on continuous time recording of the studied standard tractor transport vehicles MTZ-82.1+2PTS-4.5 with a tractor trailer loaded with four and seven bales of hay, the total labour intensity of these operations was determined for delivering 36 and 42 bales to storage locations per shift respec-

tively. The resulting values of total labour intensity were compared with the corresponding indicator for the PTRM-2. The PTRM-2 transports an average of 56 bales of hay per shift with a total labour intensity of 6.042 man-hour and 0.108 man-hour per bale. The use of the PTRM-2 for harvesting hay bales from the field allows to automate the process of the hay bale loading without stopping the unit. At the same time, the total labour intensity of the work will be lower than when using the MTZ-82.1+2PTS-4.5 unit with loading 4 and 7 rolls of hay into the tractor trailer by 39.1% and 27.79%, respectively.

**Keywords:** labour intensity, tractor transport unit, hay bale, intra-farm and intra-household transportation.

**For citation:** Reduction of Labour Intensity while Transporting Hay Rolls by Tractor Units / Ryadnov A.I., Fedorov A.V., Bolaev B.K., Arylov Y.N. // Bulletin of the Bryansk State Agricultural Academy. 2025. No. 6 (112). P. 66-71.

**Введение.** Кормопроизводство в агропромышленном комплексе Российской Федерации занимает одно из важнейших мест и напрямую влияет на уровень обеспечение населения мясомолочными продуктами, а, следовательно, и на продовольственную безопасность.

В настоящее время в хозяйствах нашей страны внедряются новые технологии возделывания и уборки сельскохозяйственных культур, уделяется особое внимание соблюдению агротехнических требований на выполнение технологических операций, внесению научно-обоснованных норм минеральных удобрений, а также средств защиты растений от болезней и вредителей. Это оказало существенное влияние на рост урожайности большинства сельскохозяйственных культур. В тоже время возросли затраты материальных средств и труда на транспортировку удобрений, средств защиты от вредителей и болезней, а также увеличился грузооборот по доставке необходимых средств для качественного возделывания сельскохозяйственных культур[1,2].

Транспортировка средств, необходимых для возделывания сельскохозяйственных культур, и урожая осуществляется не только автомобилями грузовыми самосвальными, например, КАМАЗ 45144 или бортовыми, например, ГАЗ-3302 «Газель» [3], но и тракторными транспортными агрегатами, которые должны иметь оптимизированные конструктивные параметры, быть высокопроизводительными и надежными в эксплуатации [4,5]. При этом, тракторные транспортные агрегаты используются, как правило, на внутриусадебных перевозках (расстояние перевозки груза до 3 км) и внутрихозяйственных (расстояние перевозки груза от 3 до 20 км). Так, на внутрихозяйственных перевозках в хозяйствах Российской Федерации тракторные агрегаты осуществляют транспортировку до 60% объема грузов [6,], так как имеется возможность их использования на пересеченной местности [6] и по бездорожью. Применяются различные составы тракторных транспортных агрегатов, например, агрегат, в состав которого входит трактор МТЗ-82.1 и тракторный прицеп 2ПТС-4,5.

Один из путей повышения эффективности использования тракторных транспортных агрегатов - снижение трудоемкости работ на внутриусадебных и внутрихозяйственных перевозках рулонах сена [7]. Трудоемкость работ является важнейшим частным показателем оценки эффективности уборки сена в рулонах [3]. Снижение трудоемкости работ, в частности за счет применения автоматизированных транспортных средств является актуальной задачей для сельхозтоваропроизводителей.

Цель работы - дать оценку трудоемкости транспортировки рулонов сена к местам складирования се-рийными тракторными агрегатами и разработанной погрузочно-транспортной разгрузочной машиной.

**Материалы и методы.** При исследовании использовался комплексный подход, включающий как теоретические, так и экспериментальные исследования, который позволил получить достоверные результаты, основанные на методах классической механики и математической статистики. Обработка данных проводилась с использованием современных программных средств, что обеспечило высокую точность и объективность полученных выводов. Все этапы работы соответствовали действующим методическим требованиям и стандартам.

В качестве объектов исследования являлись два тракторных транспортных агрегата. В состав первого агрегата входили трактор класса 1,4 и тракторный прицеп 2ПТС-4,5 (рис.1а). Погрузка рулонов сена во время проведения исследований на тракторный прицеп 2ПТС-4,5 осуществлялась погрузчиком ПКУ-0,8, оборудованным вилами (рис.1б). В состав второго тракторного транспортного агрегата входили трактор класса 1,4 и погрузочно-транспортная разгрузочная машина ПТРМ-2 [8] (рис.2). Погрузка рулонов сена на ПТРМ-2 выполнялась без применения дополнительного технического средства.

Управление погрузкой рулонов сена на ПТРМ-2 осуществлялось системой автоматического управления, которая также использовалась для управления подъемом и опусканием платформы верхнего яруса соответственно после ее загрузки рулонаами сена и перед разгрузкой. Автоматизация управлением платформой верхнего яруса на основе использования современных интеллектуальных

систем является важнейшим фактором повышения эффективности использования технических средств сельскохозяйственного назначения [9, 10, 11].



Рисунок 1 - Тракторный транспортный агрегат в составе трактора класса 1,4 и 2ПТС-4,5 (а) и погрузчик ПКУ-0,8 (б)

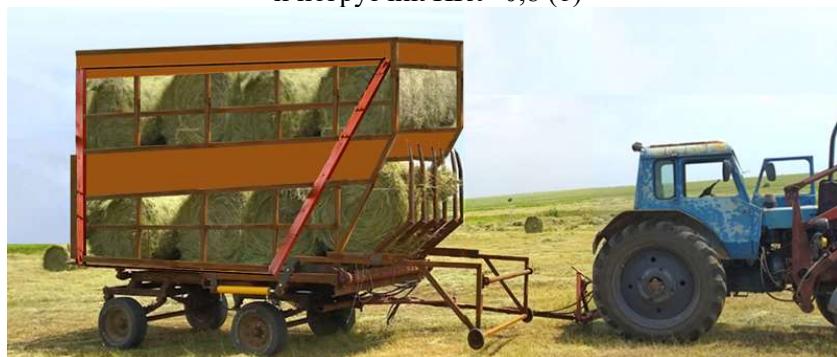


Рисунок 2 - Тракторный транспортный агрегат в составе трактора класса 1,4 и ПТРМ-2

Исследования основаны на применении результатов сплошного хронометража использования тракторных транспортных агрегатов на погрузке, транспортировке и разгрузке рулонов сена, сформированных пресс-подборщиками ПР-145 в условиях ИП Алмазова П.К. Кумылженского района Волгоградской области. При ежесменном сплошном хронометраже использования тракторных транспортных агрегатов определялись затраты времени на операции погрузки рулонов сена (захват рулона, его подъем с погрузкой на транспортное средство и возврат подъемного устройства в исходное положение), на полный цикл погрузки одного рулона (затраты времени от начала погрузки одного рулона до начала погрузки следующего) и загрузки транспортного агрегата, затраты времени на переезды агрегата в течение смены, остановки по различным причинам и ежесменное техническое обслуживание (ETO), на доставку одной партии рулонов сена к месту хранения (время в пути тракторного транспортного средства с момента окончания погрузки рулонов сена до начала их выгрузки), выгрузку рулонов из транспортного средства и возвращение агрегата в поле. Также велся учет количества перевезенных рулонов сена.

**Результаты и их обсуждение.** Важнейшим частным показателем комплексного критерия оценки эффективности использования тракторных транспортных средств является трудоемкость работ  $T$  (чел.ч):

$$T = \sum_{j=1}^{j=d} (t_j N_{onj}), \quad (1)$$

где « $t_j$  - трудоемкость  $j$ -й технологической операции, ч;  $N_{onj}$  - количество операторов, выполняющих  $j$ -ю технологическую операцию, чел.;  $j=1 \dots d$  - число технологических операций, шт.»[12].

На первом этапе исследования сравнивалась трудоемкость работ на технологических операциях с использованием агрегата МТЗ-82.1+2ПТС-4,5 при загрузке на тракторный прицеп 4 и 7 рулонов сена погрузчиком ПКУ-0,8, а на втором этапе оценивалась трудоемкость технологических операций с использованием агрегата МТЗ-82.1+ ПТРМ-2 с загрузкой 8 рулонов. При этом значения коэффициента использования грузоподъемности транспортных средств составляли соответственно 0,267; 0,467 и 0,533.

Для расчета трудоемкости технологических операций, связанных с транспортировкой рулонов сена с поля к местам складирования, дан анализ составляющих времени смены, от которых зависит трудоемкость работ по подготовке агрегатов к работе, погрузки рулонов сена в транспортное средство, их транспортировки, разгрузки и возвращению агрегата на поле за следующим рулоном. Среднестатистические результаты затрат времени на необходимые для расчета трудоемкости работ технологические операции, полученные на основе сплошного хронометража работы погрузочного агрегата МТЗ-82.1+ПКУ-0,8, серийного тракторного транспортного агрегата МТЗ-82.1+2ПТС-4,5 и агрегата в составе трактора МТЗ-82.1 и погрузочно-транспортной разгрузочной машины ПТРМ-2, представлены в таблице.

Таблица 1 - Результаты хронометража работы агрегатов в течение смены

Составляющие времени смены	Состав агрегата			
	МТЗ-82.1 +ПКУ-0,8	МТЗ-82.1 +2ПТС-4,5 с загрузкой 4 рулона	МТЗ-82.1 +2ПТС-4,5 с загрузкой 7 рулона	МТЗ-82.1 + ПТРМ-2 с загрузкой 8 рулона
Время на ежесменное техническое обслуживание, ч	0,420	0,310	0,310	0,330
Время на переезды по полю, ч	0,240	0,270	0,473	0,280
Время загрузки одного рулона сена в транспортное средство, ч	0,032	0,032	0,032	0,017
Время загрузки одного транспортного средства рулонами сена, ч	0,128	0,128	0,224	0,136
Время загрузки транспортных средств рулонами сена в течение смены, ч	1,152	1,152	1,344	0,952
Время доставки рулонов сена к месту хранения, их выгрузка и возвращение агрегата в поле за один рейс, ч	-	0,710	0,738	0,640
Время доставки рулонов сена к месту хранения, их выгрузка и возвращение агрегата в поле за смену, ч	-	6,390	4,428	4,480

По результатам сплошного хронометража подготовки агрегатов к использованию, погрузки рулона сена на транспортное средство, доставки их к месту хранения, выгрузки и возвращения агрегата в поле определено, что за смену агрегат МТЗ-82.1 + 2ПТС-4,5, загруженный 4 рулонами сена, выполняет в среднем 9 рейсов, агрегат МТЗ-82.1 + 2ПТС-4,5, загруженный 7 рулонами сена, выполняет в среднем 6 рейсов, а МТЗ-82.1 + ПТРМ-2 - 7. При этом затраты времени, необходимые для расчета трудоемкости работ, погружным агрегатом МТЗ-82.1 + ПКУ-0,8 составили 1,812 ч, а транспортными агрегатами МТЗ-82.1 + 2ПТС-4,5 с загрузкой 4 и 7 рулонами сена, соответственно равны - 8,122 ч и 6,555 ч, а МТЗ-82.1 + ПТРМ-2 - 6,042 ч.

По зависимости (1) с использованием полученных данных по затратам времени на технологические операции рассчитана суммарная трудоемкость работ по уборке с поля рулона сена сравниваемыми транспортными тракторными агрегатами за смену (рис.3), а также трудоемкость работ, приходящаяся на один рулон (рис.4).

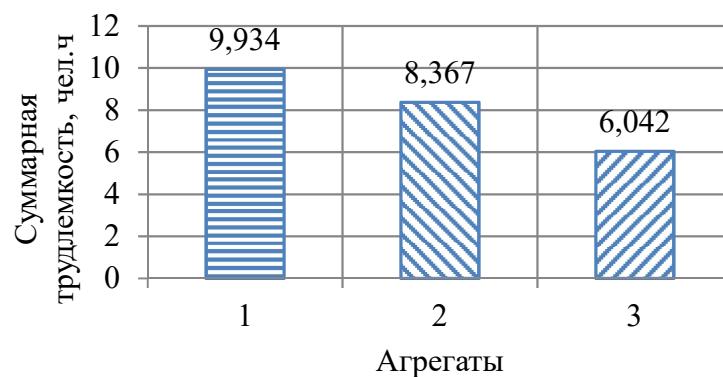


Рисунок 3 - Суммарная трудоемкость работ  
 1 - МТЗ-82.1+2ПТС-4,5 (загрузка 4 рулона)/ МТЗ-82.1+ПКУ-0,8;  
 2 - МТЗ-82.1+2ПТС-4,5 (загрузка 7 рулона)/ МТЗ-82.1+ПКУ-0,8;  
 3 - МТЗ-82.1+ ПТРМ-2

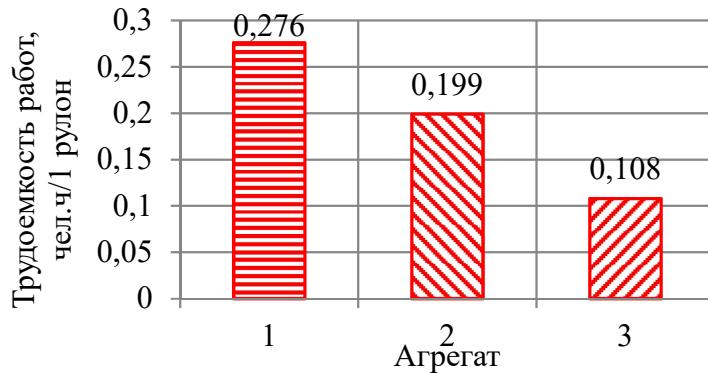


Рисунок 4 - Трудоемкость работ на доставку 1 рулона  
 1 - МТЗ-82.1+2ПТС-4,5 (загрузка 4 рулона)/ МТЗ-82.1+ПКУ-0,8;  
 2 - МТЗ-82.1+2ПТС-4,5 (загрузка 7 рулона)/ МТЗ-82.1+ПКУ-0,8;  
 3 - МТЗ-82.1+ ПТРМ-2

По результатам сплошного хронометража подготовки агрегатов к работе, погрузки рулона сена, их транспортировки к месту разгрузки, выгрузки и возвращения на поле исследуемых тракторных транспортных средств МТЗ-82.1+2ПТС-4,5 с загрузкой 4 и 7 рулона и МТЗ-82.1+ ПТРМ-2 определены фактические значения составляющих баланса времени смены, на основе которых выполнены расчеты трудоемкости погрузочно-разгрузочных и транспортных работ.

Определена эффективность применения погрузочно-транспортной разгрузочной машины ПТРМ-2 с трактором МТЗ-82.1 на уборке рулона сена с поля

**Выводы.** Повышение эффективности уборки сена, спрессованного в рулоны, актуальная и важная задача, стоящая перед сельхозтоваропроизводителями, решение которой возможно на основе учета совокупности частных показателей оценки эффективности уборки. Одним из важнейших частных показателей оценки эффективности уборки рулона сена с поля является трудоемкость работ на погрузке, транспортировке и разгрузке рулона сена в местах их складирования.

Установлено, что при использовании агрегата МТЗ-82.1+2ПТС-4,5 с загрузкой четырех рулона сена в тракторный прицеп погрузчиком КПУ-0,8 на базе трактора МТЗ-82.1 трудоемкость работ с перевозкой 36 рулона за смену составила 9,934 чел.ч, а на один рулон -0,276 чел.ч.

При загрузке семи рулона сена в тракторный прицеп 2ПТС-4,5 транспортируется за смену 42 рулона с суммарной трудоемкостью 8,367 чел.ч, что на 15,77% ниже, чем при загрузке 2ПТС-4,5 четырьмя рулона. Трудоемкость транспортировки одного рулона сена данным тракторным транспортным средством составила 0,199 чел.ч.

При использовании погрузочно-транспортной разгрузочной машины ПТРМ-2 транспортируется за смену в среднем 56 рулона сена с трудоемкостью работ суммарной 6,042 чел.ч и приходящаяся на один рулон - 0,108 чел.ч. Применение на уборке с поля рулона сена погрузочно-транспортной разгрузочной машины ПТРМ-2 с трактором МТЗ-82.1 позволяет автоматизировать процесс погрузки рулона сена без остановок агрегата. При этом суммарная трудоемкость работ будет ниже, чем при использовании агрегата МТЗ-82.1+2ПТС-4,5 с загрузкой 4 и 7 рулона сена в тракторный прицеп соответственно на 39,1% и 27,79%.

Таким образом, использование предложенной погрузочно-транспортной разгрузочной машины ПТРМ-2 на уборке рулона сена положительно отразится на экономической эффективности сельскохозяйственного производства и позволит обеспечить устойчивое развитие отрасли.

#### Список источников

1. Никольский Я.С. Инфраструктура как неотъемлемая часть конкурентоспособности АПК (на материалах Новосибирской области) // Вестник Сибирского института бизнеса и информационных технологий. 2024. Т. 13, № 4. С. 131-136.
2. Рагозин М.С. Факторы, влияющие на современное состояние и эффективность прогнозирования объемов перевозки грузов, выполняемых автомобильным транспортом в России // Естественно-гуманитарные исследования. 2024. № 4 (54). С. 197-203.
3. Ряднов А.И., Федоров А.В. Снижение затрат труда при выгрузке рулона сена из кузова транспортного средства // Вестник Рязанского государственного агротехнологического университета им. П.А. Костычева. 2022. Т. 14, № 3. С. 121-129.
4. Новиков М.А., Павлов С.Б. Повышение эффективности перевозки рулона льнотресты на примере ООО «Уторгошский льнозавод» Новгородской области // Известия Санкт-Петербургского государственного аграрного университета. 2021. № 3 (64). С. 84-92.

5. Оценка производительности и безотказности погрузчика-транспортировщика рулонов сена / А.И. Ряднов, Р.В. Любимов, А.В. Федоров, С.М. Воронин // Известия НВ АУК. 2023. № 4 (72). С. 427-440.
6. Зернов В.Н., Петухов С.Н., Пономарев А.Г. Кто решает, какие тракторы нужны сельхозпроизводителю? // Аграрная наука Евро-Северо-Востока. 2021. Т. 22, № 1. С. 136-148.
7. Ряднов А.И. Метод выбора транспортных средств при уборке сельскохозяйственных культур // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: Наука и высшее профессиональное образование. 2020. № 1 (57). С. 349-356.
8. Транспортное средство для погрузки, перевозки и разгрузки рулонов сена: пат. 2833277 Рос. Федерации / Ряднов А.И., Федоров А.В. - №2024112005; заявл. 02.05.2024; опубл. 16.01.2025, Бюл. № 2.
9. Федоренко В.Ф. О технической модернизации сельского хозяйства // Техника и оборудование для села. 2021. № 5 (287). С. 2-6.
10. Чирков Е.П., Бабьяк М.А. Инновационные направления технологического и технического обновления кормопроизводства в России // Техника и технологии в животноводстве. 2022. № 3 (47). С. 36-41.
11. Чирков Е.П. Инновационные направления интенсификации кормопроизводства // Актуальные вопросы экономики и агробизнеса. Брянск, 2021. С. 180-185.
12. Федорова О.А., Фандеев С.Ю. К обоснованию комплексного критерия эффективности использования технических средств для уборки суданской травы // Вестник НГИЭИ. 2021. № 6 (121). С. 5-14.

### Информация об авторах

**А.И. Ряднов** - доктор сельскохозяйственных наук, профессор, профессор кафедры «Эксплуатация и технический сервис машин в АПК» ФГБОУ ВО «Волгоградский государственный аграрный университет», заслуженный работник высшей школы РФ, alex.rjadnov@mail.ru.

**А.В. Федоров** - аспирант кафедры «Эксплуатация и технический сервис машин в АПК», ФГБОУ ВО Волгоградский ГАУ.

**Б.К. Болаев** - доктор сельскохозяйственных наук, профессор, заведующий кафедрой биотехнологии и животноводства ФГБОУ ВО «Калмыцкий ГУ имени Б.Б. Городовикова».

**Ю.Н. Арылов** - доктор биологических наук, профессор кафедры биотехнологии и животноводства ФГБОУ ВО «Калмыцкий ГУ имени Б.Б. Городовикова».

### Information about the authors:

**A.I. Ryadnov** – Doctor of Agricultural Sciences, Professor, Professor of the Department of Operation and Technical Service of Machines in Agriculture, Volgograd State Agrarian University, Honored Worker of Higher School of the Russian Federation, alex.rjadnov@mail.ru.

**A.V. Fedorov** - Postgraduate Student of the Department of Operation and Technical Service of Machines in the Agricultural Sector, Volgograd State Agricultural University.

**B.K. Bolaev** - Doctor of Agricultural Sciences, Professor, Head of the Department of Biotechnology and Animal Husbandry, Kalmyk State University named after B.B. Gorodovikov.

**Y.N. Arylov** - Doctor of Biological Sciences, Professor of the Department of Biotechnology and Animal Husbandry, Kalmyk State University named after B.B. Gorodovikov.

Все авторы несут ответственность за свою работу и представленные данные. Все авторы внесли равный вклад в эту научную работу. Авторы в равной степени участвовали в написании рукописи и несут равную ответственность за плагиат. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

All authors are responsible for their work and the data provided. All authors have made an equal contribution to this scientific work. The authors were equally involved in writing the manuscript and are equally responsible for plagiarism. The authors declare that there is no conflict of interest.

**Статья поступила в редакцию 14.10.2025, одобрена после рецензирования 27.10.2025, принята к публикации 11.12.2025.**

**The article was submitted 14.10.2025, approved after reviewing 27.10.2025; accepted for publication 11.12.2025.**

© Ряднов А.И., Федоров А.В., Болаев Б.К., Арылов Ю.Н.