АГРОИНЖЕНЕРИЯ И ПИЩЕВЫЕ ТЕХНОЛОГИИ
AGROENGINEERING AND FOOD TECHNOLOGIES

ТЕХНОЛОГИИ, МАШИНЫ И ОБОРУДОВАНИЕ ДЛЯ АГРОПРОМЫШЛЕННОГО КОМПЛЕКСА (ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ)

Научная статья
УДК 631.37

ТРАНСПОРТНОЕ СРЕДСТВО ДЛЯ ВНУТРИХОЗЯЙСТВЕННЫХ ПЕРЕВОЗОК ГРУБЫХ КОРМОВ

Андрей Петрович Бабков, Владимир Иванович Варавин, Владимир Анатольевич Семыкин
ФГБОУ ВО Курский ГАУ, Курская область, Курск, Россия

Аннотация. Анализ применяемых транспортных средств для внутрихозяйственных перевозок сеносоломистых материалов в хозяйствах Курской области показывает, что затраты времени на погрузку транспортного средства при небольших расстояниях перевозки приводят к значительному снижению производительности транспортного процесса. При сокращении расстояния перевозки с 5 до 1 км производительность снижается в 1.9 – 4.1 раза. Рассмотрено транспортное средство – стоговоз, состоящий из рамы, колёс, прицепного устройства, пальцевой платформы, механизма опускания-подъёма передней части платформы, механизма опускания-подъёма задней части платформы, бортов. Исследование трения скольжения грубых кормов по пальцам платформы стоговоза и по различным поверхностям – грунтовая поверхность, дернина, асфальтобетонная поверхность, солома, щебенчато-гравийное покрытие показывает на снижение коэффициентов трения с увеличением нагрузки от 0.24 до 1.2 кН/м на 20-25 %; сила трения увеличивается на 10-15 % с возрастанием скорости перемещения от 0.1 до 0.5 м/с; при скорости 0.5 м/с коэффициент трения соломы гречихи выше коэффициента трения овсяной соломы на 22 %; наибольший коэффициент трения между соломой и щебенчато-гравийным покрытием (0.73), наименьший между соломой и асфальтобетонной поверхностью (0.51). Наконечники пальцев платформы с разными углами оказывают неодинаковое деформирующее воздействие на грубый корм: с увеличением угла конуса с 15° до 40° сопротивление возрастает в 1.6 раза. Для агрегатирования стоговоза рекомендован трактор тягового класса 30-40 кН при регулировании угла наклона платформы при загрузке до 12°. Получены условия по углам наклона платформы в транспортном положении α>-2.9^{o}, при разгрузке грубого корма в розвязи α_p > 20°, при разгрузке грубого корма в рулонах или тюках α_p > 27°. Применение тракторного агрегата Беларус 2022.3+стоговоз на внутрихозяйственных перевозках грубого корма до 5 км повысит производительность транспортного процесса по сравнению с агрегатом Беларус 80.1+2ПТС-4.5 на 35 %.

Ключевые слова: грубый корм, тракторный транспортный агрегат, прицеп, стоговоз, коэффициент трения, сопротивление, производительность.

Для цитирования: Бабков А.П., Варавин В.И., Семыкин В.А. Транспортное средство для внутрихозяйственных перевозок грубых кормов // Вестник Брянской ГСХА. 2024. № 1 (101). С. 52-57.

Original article

VEHICLE FOR ON-FARM TRANSPORTATION OF COARSE FEED

Andrey P. Babkov, Vladimir I. Varavin, Vladimir A. Semykin
Kursk State Agrarian University named after I.I. Ivanov, Kursk region, Kursk, Russia

Abstract. The analysis of the vehicles used for on-farm transportation of hay and straw materials in the farms of Kursk region shows that the time spent on loading the vehicle at short transportation distances leads to a significant decrease in the productivity of the transport process. When the transportation distance is reduced from 5 to 1 km, productivity decreases by 1.9 – 4.1 times. A haystack transport vehicle consisting of a frame, wheels, a trailer device, a finger platform, a mechanism for lowering and lifting the front part of the platform, a mechanism for lowering and lifting the rear part of the platform, and sides has been considered. The research of the sliding friction of coarse feed on the fingers of the haystack transport's platform as well as on various surfaces – ground surface, turf, asphalt concrete surface, straw, crushed stone and gravel coating reveals a decrease in friction coefficients with an increase in load from 0.24 to 1.2 kN/m by 20-25 %; the friction force increases by 10-15 % with increasing speed movement from 0.1 to 0.5 m / s; at a speed of 0.5 m / s, the coefficient of friction of buckwheat straw is higher than the coefficient of friction of oat straw by 22 %; the greatest coefficient of friction is between straw and crushed stone and gravel coating (0.73), the lowest is between straw and asphalt concrete surface (0.51). The finger tips of the platform with different angles have an unequal deforming effect on coarse feed: with an increase in the angle of the cone from 15° to 40°, the resistance increases 1.6 times. A tractor of traction class 30-40 kN is recommended for aggregating a haystack transport when adjusting the angle of inclination of the platform when loading up to 12°. Conditions were obtained for the angles of inclination of the platform in the transport position α>-2.9^{o}, when unloading coarse feed in the link αp > 20°, when unloading coarse feed in rolls or bales αp > 27°. The use of the tractor unit Belarus 2022.3+a haystack transport on on-farm transportation of coarse feed up to 5 km will increase the productivity of the transport process compared to the unit Belarus 80.1+2PTS-4.5 by 35 %.

Keywords: coarse feed, tractor transport unit, trailer, haystack transport, coefficient of friction, resistance, productivity.

For citation: A.P. Babkov, V.I. Varavin, V.A. Semykin. Vehicle for on-farm transportation of coarse feed. Vestnik of the Bryansk State Agricultural Academy. 2024; (1): 52-57 (In Russ.).

Введение. Сено и солома являются неотъемлемой частью большинства рационов животных [1, с. 51-52; 2, с. 65-70; 3, с. 33-34]. Солома также является хорошим подстилочным материалом для животных, применяется при выращивании грибов, в строительстве [4, с. 94-99].

Для транспортирования сена и соломы в хозяйствах Курской области используют тракторные транспортные агрегаты с прицепами общего назначения и специализированными, автомобильный транспорт. Для сбора и транспортировки рулонов и тюков грубого корма предложены конструкции специализированных транспортных средств [5; 6, с. 59-68]. Применение того или иного транспортного средства во многом зависит от способа уборки сеносоломистых материалов: в цельном, измельчённом или прессованном виде и технологии уборки.

При уборке сена и соломы в цельном и прессованном видах и при использовании их на корм животным, большая часть скирдуется на краю полей. При использовании тракторных прицепов 2ПТС-4.5, ПСТ-12 и других погрузка в них осуществляется погрузчиками типа ПКУ-0.8, СНУ-550, самоходными фронтальными погрузчиками. Загрузка соломы или сена в розвязи приводит к снижению коэффициента использования грузоподъёмности транспортного средства, что требует увеличения его вместимости. Уборка сеносоломистых материалов в прессованном виде лишь частично решает вопрос по использованию грузоподъёмности транспортных средств из-за несоответствия размеров и формы тюков или рулонов параметрам платформы тракторного прицепа или кузова автомобиля.

Материалы и методы. Производительность транспортных агрегатов определялась по опытным данным

$$W = \frac{M_1 \cdot S_Г}{t_Ц}, \qquad (1)$$

где W – производительность транспортного тракторного агрегата по цикловому времени, ткм/ч; M_1 – масса перевезенного грубого корма за ездку, т; $t_Ц$ - длительность цикла, ч; $S_Г$ - расстояние, пройденное агрегатом с грузом, км.

Длительность цикла включала

$$t_Ц = t_П + t_Г + t_Х + t_Р + t_{ПР}, \qquad (2)$$

где $t_П$ – время простоя агрегата под погрузкой, ч; $t_Г$ и $t_Х$ – соответственно время движения агрегата с грузом и без груза, ч; $t_Р$ – время простоя агрегата под разгрузкой, ч; $t_{ПР}$ – прочие потери времени в течение рассматриваемого цикла, ч.

Хронометражные наблюдения проводились в производственных условиях, характерных для данного вида работ. Точность хронометражных наблюдений ±30 с. Принимали трёхкратную повторность. По продолжительности испытаний разница не превышала ±10 %.

Коэффициенты трения скольжения сеносоломистых материалов определяли на лабораторной установке путем измерения сопротивления перемещению камеры с грубым кормом по двум пальцам, диаметром 24, 40, 57, 76, 89 мм. Скорость перемещения камеры – 0,1-0,5 м/с. Исследование проводили на сене люцерны, костреца безостого и соломе озимой пшеницы, гречихи, овсяной, ячмённой, просяной. Влажность грубого корма составляла 16-18 %, длина стеблей 400-700 мм. Измерением сопротивления перемещению камеры с грубым кормом определены коэффициенты трения сеносоломистых материалов по грунтовой поверхности, дернине, асфальтобетонной поверхности, соломы, щебенчато-гравийному покрытию.

Для определения сопротивления внедрению наконечников пальцев в грубый корм использовали наконечники с углом конуса 15°, 20°, 25°, 30°, 35°, 40°, плотность грубого корма составляла 30, 40, 50, 60, 70 кг/м^3.

Результаты и их обсуждение. Для загрузки транспортного средства требуются значительные затраты времени, что при небольших расстояниях перевозки приводит к значительному снижению производительности транспортного процесса [7, с. 40-42]. При сокращении расстояния перевозки с 5 до 1 км производительность снижается в 1.9 – 4.1 раза (рис. 1). Поэтому предлагается на внутрихозяйственных перевозках грубых кормов использовать самозагружающееся транспортное средство – стоговоз в агрегате с колёсным трактором.

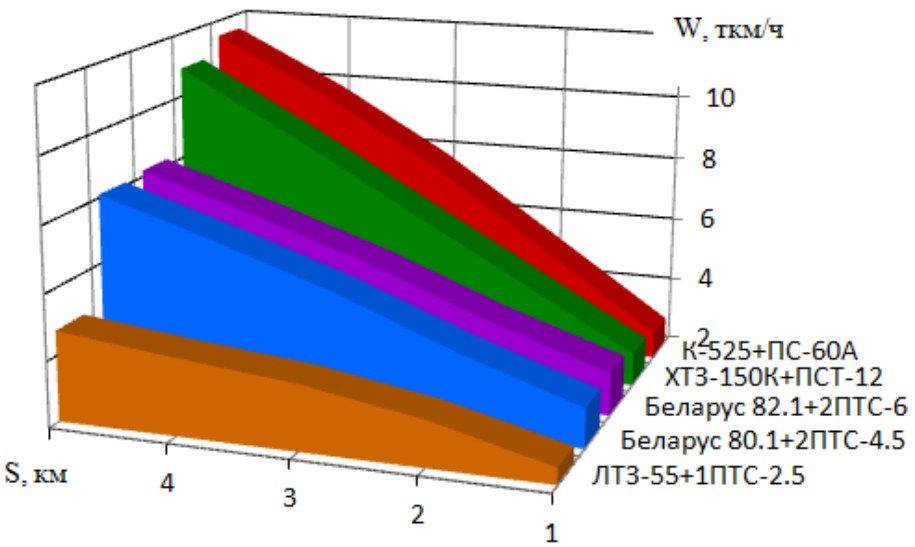


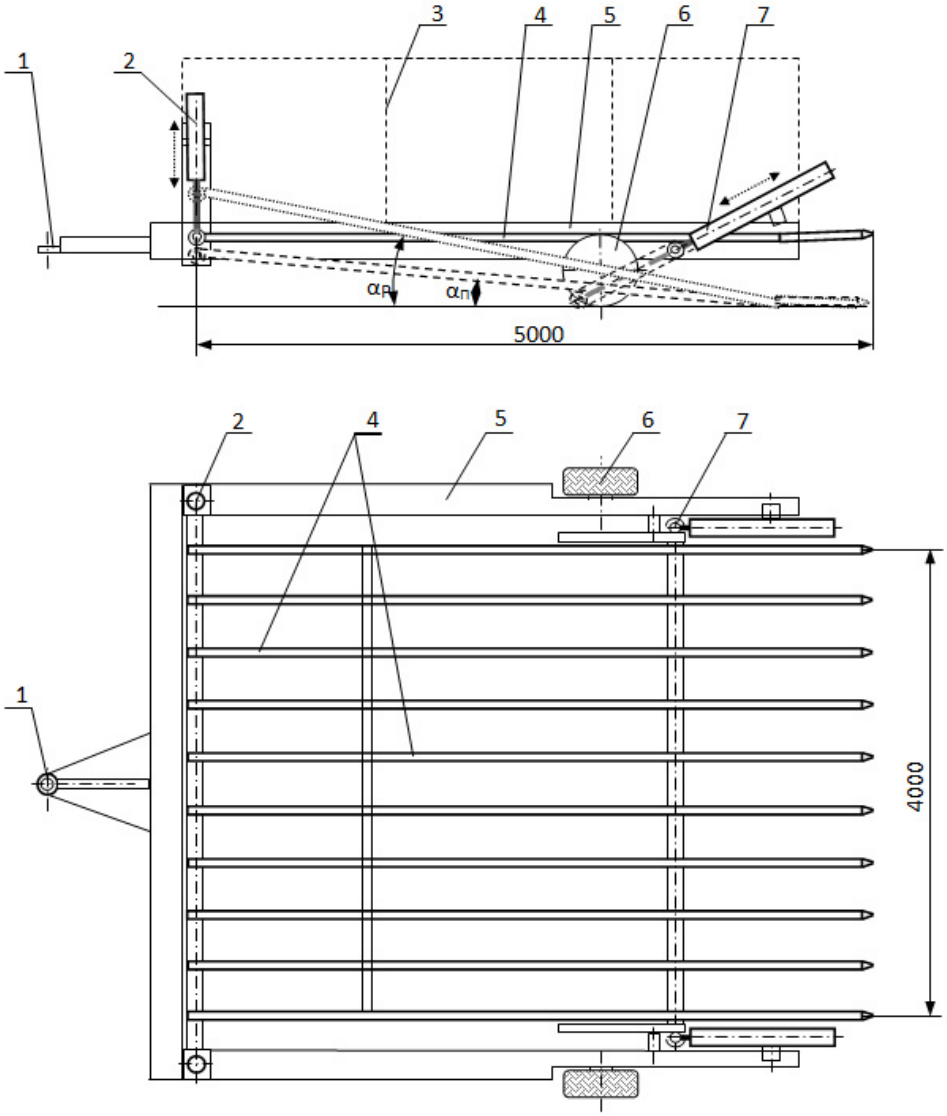
Рисунок 1 – Зависимость производительности транспортных средств различной грузоподъёмности на перевозке грубого корма от расстояния

Стоговоз (рис. 2) [8] состоит из рамы с прицепным устройством, колес, подвижной платформы с механизмом подъема, который состоит из двух гидроцилиндров, закрепленных на раме и трубы, которая установлена на роликах в направляющих. Направляющие закреплены на цапфах и опираются в транспортном положении на опоры. В передней части стоговоза установлена сталкивающая стенка с гидроцилиндром.

Недостатком данной конструкции стоговоза является механизм разгрузки – величина хода сталкивающей стенки не обеспечивает полную выгрузку стога сена или соломы при недостаточной связанности материала в стогу.

Рисунок 2 – Стоговоз

На рисунке 3 представлена схема усовершенствованного стоговоза с подвижной платформой.



1 – прицепное устройство; 2 – механизм опускания-подъёма передней части платформы; 3 – борт; 4 – пальцевая платформа; 5 – рама стоговоза; 6 – колесо; 7 – механизм опускания-подъёма задней части платформы

Рисунок 3 – Схема стоговоза с подвижной платформой

Процесс загрузки, транспортирования и разгрузки осуществляется следующим образом: платформа стоговоза переводится в положение загрузки и стоговоз задним ходом трактора подаётся к стогу, пальцы платформа входят под стог грубого корма под углом $\alpha_П$, механизмом опускания-подъёма платформа переводится в транспортное положение и так осуществляется транспортирование стога к месту разгрузки; при разгрузке пальцы платформы в задней её части опускаются на разгрузочную площадку, при этом передняя часть платформы поднимается вверх до обеспечения угла разгрузки $\alpha_Р$, при движении транспортного тракторного агрегата вперёд – платформа выходит из-под стога и затем переводится в транспортное положение; на этом транспортный процесс завершается.

Для определения оптимальных параметров платформы стоговоза были проведены исследования по определению коэффициентов трения скольжения грубых кормов и сопротивления внедрению пальцев платформы стоговоза в сеносоломистый материал.

Зависимости коэффициента трения f_c ячмённой соломы по пальцам платформы стоговоза от нагрузки q (кН/м) и скорости V (м/с) при влажности соломы 16-18 % представлены на рисунке 4.

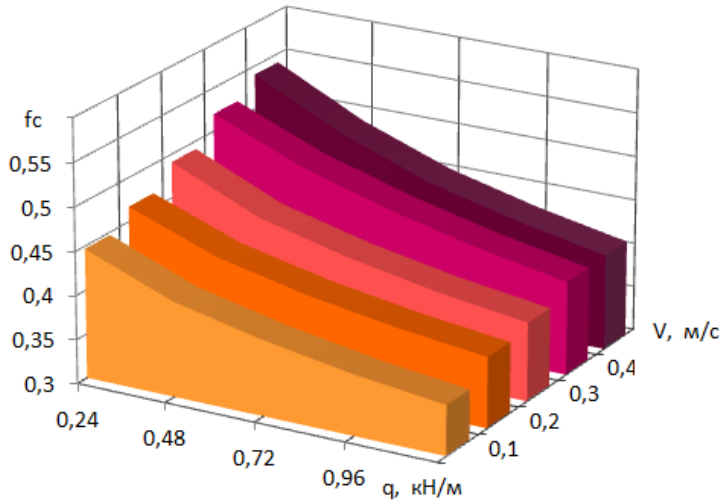


Рисунок 4 – Зависимость коэффициента трения f_c ячмённой соломы по пальцам платформы стоговоза от нагрузки q (кН/м) и скорости V (м/с)

Наблюдается снижение коэффициента трения при увеличении давления на пальцы. Так, с увеличением давления от 0,24 до 1,2 кН/м происходит снижение коэффициента трения на 20-25 %. Сила трения увеличивается на 10-15 % с возрастанием скорости перемещения от 0,1 до 0,5 м/с.

Проведены исследования на сене люцерны, сене костреца безостого и соломы озимой пшеницы, гречихи, овсяной, ячмённой, просяной. Солома гречихи и сено костреца безостого имеют наибольшие значения коэффициентов трения скольжения. При V= 0,5 м/с коэффициент трения соломы гречихи на 22 % выше коэффициента трения овсяной соломы.

По условиям транспортного процесса перевозки грубых кормов, операция разгрузки может проводиться на различной поверхности – это грунтовая поверхность, дернина, асфальтобетонная поверхность, солома, щебенчато-гравийное покрытие. Исследование трения ячмённой соломы по различным поверхностям показали, что наибольший коэффициент трения между соломой и щебенчато-гравийным покрытием (f_c=0,73), наименьший между соломой и асфальтобетонной поверхностью (f_c=0,51) при скорости V= 0,5 м/с.

При загрузке стоговоза происходит частичное внедрение пальцев платформы в сеносоломистый материал. Параметры наконечников пальцев зависят от сопротивления деформациям грубого корма. Проведено исследование влияния угла конуса наконечника пальца платформы β на сопротивление его внедрению в сеносоломистый материал плотностью 30-70 кг/м^3. Наконечники с разными углами оказывают неодинаковое деформирующее воздействие на грубый корм: с увеличением угла конуса с 15° до 40° сопротивление возрастает в 1.6 раза. Поэтому для снижения сопротивления при внедрении пальцев в сеносоломистый материал следует применять наконечники с углом конуса β≤ 20º.

Для средневзвешенного расстояния перевозок – 5 км определена оптимальная грузоподъёмность равная 5 т. С учётом грузоподъёмности и размеров стогов, которые могут быть сформированы соломой или сеном в рассыпном и прессованном видах (ширина до 4 м, длина до 5 м), определены длина и ширина платформы транспортного средства.

Выводы. 1. Для агрегатирования стоговоза с предложенными параметрами платформы рекомендуется использовать трактор тягового класса 30-40 кН при регулировании угла наклона платформы при загрузке до 12°.

2. В транспортном положении платформы получено условие по углу её наклона α>-2,9º, которое обеспечивает устойчивое положение грубого корма с учётом трогания с места и преодоления спусков и подъёмов тракторным транспортным агрегатом.

3. Для обеспечения разгрузки транспортного средства необходимо чтобы сила трения, которая возникает между грубым кормом и платформой была преодолена действием силы трения, появляющейся за счёт контакта части груза с поверхностью разгрузочной площадки и наклонной составляющей веса сеносоломистого материала на платформе. Для связанного груза (при уборке грубого корма в цельном виде в розвязи) угол наклона платформы стоговоза должен составлять α_p > 20°; для навалочного в рулонах или тюках α_p > 27° - без учёта силы трения между частью груза с поверхностью разгрузочной площадки.

4. Применение тракторного агрегата Беларус 2022.3+стоговоз на внутрихозяйственных перевозках грубого корма повысит производительность транспортного процесса по сравнению с агрегатом Беларус 80.1+2ПТС-4.5 на 35 %.

Список источников

1. Разумовский Н. Солома в рационах коров // Животноводство России. 2019. № 1. С. 51-52.
2. Значение компонентов полноценности кормления лактирующих коров / Л.Н. Гамко, А.Г. Менякина, В.Е. Подольников, Е.А. Мицурина // Вестник аграрной науки. 2023. № 4 (103). С. 65-70.
3. Кормосмеси с соломой в рационе скота / Т. Грошевская, Н. Гончарова, С. Бугаев, Л. Кибкало // Животноводство России. 2022. № 4. С. 33-34.
4. Солома и изделия из соломы в строительстве / Д.А. Солдатов, Н.З. Мингалеев, А.Н. Петров и др. // Инновационно-информационные решения в области интеграции сервиса, потребительской кооперации и агропромышленного комплекса: сб. науч. тр. II междунар. науч.-теорет. конф., Казань, 25 ноября 2016 года. Казань: Автономная некоммерческая образовательная организация высшего образования Центросоюза Российской Федерации "Российский университет кооперации" Казанский кооперативный институт (филиал), 2016. С. 94-99.
5. Погрузчик-транспортировщик рулонов сеносоломистых материалов: пат. 216295 Рос. Федерация: U1 МПК A01D 87/12, A01D 90/08 / Шапров М.Н., Мартынов И.С., Седов А.В.; заявитель и патентообладатель ФГБОУ ВО "Волгоградский государственный аграрный университет". № 2022127711; заявл. 10.02.2022; опубл. 26.01.2023.
6. Трофимович Л.И. Средства механизации для уборки стебельчатых кормов, запрессованных в тюки или рулоны // Научно-технический прогресс в сельскохозяйственном производстве: материалы междунар. науч.-техн. конф., посвящ. 70-летию со дня образования РУП "НПЦ НАН Беларуси по механизции сельского хозяйства", Минск, 18–20 октября 2017 года. Мн.: Изд. дом "Беларуская навука", 2017. С. 59-68.
7. Бабков А.П. Влияние эксплуатационных факторов на производительность транспортных средств // Научное обеспечение агропромышленного производства: материалы междунар. науч.-практ. конф., Курск, 29–31 января 2014 г. Ч. 2. Курск: Курская ГСХА им. профессора И.И. Иванова, 2014. С. 40-42.
8. Стоговоз: пат. 2189131 C2 Рос. Федерация: МПК A01D 90/00, A01D 87/12 / Репетов А.Н., Бабков А.П.; заявитель и патентообладатель Курская ГСХА им. проф. И.И. Иванова. - № 2000115082/13; заявл. 09.06.2000; опубл. 20.09.2002.

Информация об авторах:

А.П. Бабков – заведующий кафедрой транспортных систем и эксплуатации машинно-тракторного парка, кандидат технических наук, доцент, ФГБОУ ВО Курский ГАУ, babkov_ap@mail.ru

В.И. Варавин - декан инженерного факультета, кандидат технических наук, доцент, ФГБОУ ВО Курский ГАУ, varawin.vladimir@yandex.ru.

В.А. Семыкин - советник при ректорате, доктор сельскохозяйственных наук, профессор, ФГБОУ ВО Курский ГАУ, injenerka2014@yandex.ru.

Information about the authors:

A.P. Babkov - Head of the Department of Transport Systems and Operation of the Machine and Tractor Fleet, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor, Kursk State University, babkov_ap@mail.ru.

V.I. Varavin - Dean of the Faculty of Engineering, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor, Kursk State University, varawin.vladimir@yandex.ru.

V.A. Semykin - Advisor to the Rector's Office, Doctor of Agricultural Sciences, Professor, Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education, injenerka2014@yandex.ru.

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 14.11.2023; одобрена после рецензирования 24.11.2023, принята к публикации 31.01.2024.

The article was submitted 14.11.2023; approved after rewiewing 24.11.2023; accepted for publication 31.01.2024.

© Бабков А.П., Варавин В.И., Семыкин В.А.