

Вестник Бурятской государственной сельскохозяйственной академии имени В.Р. Филиппова. 2026. № 2 (83). С. 148–154.
Buryat Agrarian Journal. 2026;2(83):148–154.

Научная статья

УДК 631.361.3

doi: 10.34655/bgsha.2026.83.2.017

Оценка качественных показателей работы экспериментальной молотковой дробилки

М.Б. Балданов, Д.Н. Раднаев, Л.П. Шкедова, М.З. Жамсуев, К.П. Балданов

Бурятская государственная сельскохозяйственная академия имени В.Р. Филиппова, Улан-Удэ, Россия

Автор, ответственный за переписку: Л.П. Шкедова, shkedoval@yandex.ru

Аннотация. В механической технологии приготовления кормов самым распространенным и важным процессом является измельчение, обусловленное требованиями физиологии кормления животных. Измельчение является одним из наиболее энергоемких процессов при переработке фуражного зерна на корм скоту и птице. Для этого применяются различные по конструктивному выполнению молотковые дробилки. При тонком измельчении эти дробилки дают до 30 % пылевидной фракции, а при грубом – до 20 % недоизмельченной фракции. Переизмельчение приводит к увеличению затрат энергии на измельчение и потерям при скормливании, а недоизмельченное зерно плохо поедается и усваивается животными. Кроме этого, молотковые дробилки имеют большие энергозатраты, при измельчении потребляют от 10 до 15 кВт/ч на 1 т измельченного продукта. В данном исследовании рассматривается оценка качественных показателей работы экспериментальной молотковой дробилки фуражного зерна. При проведении экспериментальных исследований были получены качественные показатели, зависящие от некоторых конструктивно-технологических параметров измельчителя. Оценка качества измельчения зернового материала проводилась с помощью теории вероятности. Для повышения эффективности качественных показателей экспериментальной установки необходимо соблюдать следующие требования: допуск на величину размера измельченных частиц $= \pm 3$ мм, при вероятности сохранения $p = 0,75$, измельчение зерновой массы находится в пределах допустимых зоотехнических требований при скорости подачи зернового материала 0,05-0,06 м/час. При размере частиц в диапазоне 0,7 – 2,8 мм работа дробилки происходит без нарушения зоотехнических требований по загрязненности зерновой массы примесями и потерям от повышенного размера частиц.

Ключевые слова: измельчитель, фуражное зерно, теория вероятности, случайный процесс, скорость подача зернового материала.

Original article

Evaluation of quality indicators of the experimental hammer grinder work

Munko B. Baldanov, Daba N. Radnaev, Lyudmila P. Shkedova, Mergen Z. Zhamsuev, Konstantin P. Baldanov

Buryat State Academy of Agriculture named after V. Philippov, Ulan-Ude, Russia

Corresponding author: L.P. Shkedova, shkedoval@yandex.ru

Abstract. In the mechanical technology of feed preparation, the most common and important process is grinding, due to the requirements of the physiology of animal feeding. Grinding is one of the most energy-demanding operations in the processing of feeding grains for livestock and poultry. For this purpose hammer grinders of various designs are used. With fine grinding, these crushers produce up to 30% of the dust fraction, and with coarse grinding, up to 20% of the under-grinded fraction. Overgrinding leads to increasing of energy costs for grinding and losses during the feeding process, while under-grinding grain is poorly eaten and digested by animals. In addition, hammer grinders have high energy consumption during the grinding process; they consume from 10 to 15 kW/h per 1 ton of grinded product. This study examines the assessment of the quality work indicators of an experimental feed grain hammer grinder. When conducting experimental studies, quality indicators were obtained that depended on some design and technological parameters of the grinder. The quality of grinding of grain material was assessed using probability theory. To increase the efficiency of quality indicators of the experimental unit it is necessary to follow the set of requirements: a tolerance on a size of grinded particles " ± 3 mm under probability of retention $p = 0,75$ grinding of grain mass falls within the limits allowed by zootechnical requirements with the material feed rate equaled to 0,05-0,06 mph. With the particles size ranging from 0,7 to 2,8 mm, there are no violation of zootechnical requirements on contamination of grain mass and losses due to increased size of particles during the grinder's work.

Keywords: chopper, feeding grain, probability theory, random process, feed rate of grain material.

Введение. Одним из важнейших операций при переработке концентрированных кормов является измельчение зерна. Цель измельчения – разрушить оболочку зерна и повысить общую поверхность частиц, что облегчает переваривание и повышает усвояемость питательных веществ [1-3].

При работе молотковых дробилок одним из важных показателей их работы является качество измельчения концентрированных кормов. Экспериментальные исследования показали, что размеры частиц изменяются в пределах от 0,7 до 2,8 мм. Согласно зоотехническим требованиям к измельченным концентрированным кормам, для крупнорогатого скота размеры частиц не выше 2,8 мм. Измельчение меньшего размера нежелательно, так как приводит к излишним потерям питательных веществ и, кроме того, возможны заболевания скота при кормлении сильно измельченной фракцией [2]. Рекомендованное измельчение меньшего размера для поросят сосунов – 0,7...0,8 мм; поросят-отъемышей – 0,9...1,1 мм; свиней беконного откорма – 1,2...1,6 мм; для птицы – до 1 мм, если кормление производят влажными мешанками, и 2...3 мм – при сухом кормлении [4, 5, 6].

Цель работы – повышение эффективности оценки качественных показателей экспериментальной установки и разработка частной методики исследования с помощью теории вероятности.

Материалы и методы. Оценка качества измельчения зерна на корма производится с помощью теории вероятности. За основной показатель качества измельчения массы принят размер частиц, который представляет собой непрерывную случайную функцию времени.

Рассмотрим центрированный случайный процесс, математическое ожидание которого равно нулю, т. е.

$$\Delta x(t) = x(t) - m_x,$$

где $x(t)$ – отклонение случайного процесса;

m_x – среднее значение $x(t)$.

Значение m_x определится как

$$m_x = \frac{1}{T} \int_0^T x(t) dt$$

Для стационарных случайных процессов величина оценочного параметра $\bar{n} \Delta$, характеризующего среднее число превышений допуска Δ ординатами случайной функции $x(t)$ в единицу времени, определится из выражения:

$$\overline{n\Delta} = \int_0^{\infty} v f(\Delta v) dv,$$

а относительная длительность этих превышений будет равна:

$$\delta = \int_0^{\infty} f(x) dx,$$

где $\int_0^{\infty} v f(\Delta v) dv$ – вероятность

превышения допуска Δ ;

$f(x)$ – плотность распределения случайной величины.

При этом в зависимости от характера стационарного процесса одному и тому же значению δ может соответствовать несколько значений превышений $\overline{n\Delta}$ заданного допуска Δ . Как известно, характер стационарного случайного процесса определяется его корреляционной функцией и спектральной плотностью. Пределав ряд математических преобразований

для центрированного процесса, получим [3, 8]:

$$\delta = 1 - 2 \Phi_z\left(\frac{\Delta}{\sigma}\right),$$

где $\Phi_z = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \int_0^z e^{-\frac{t^2}{2}} dt$ – функция

Лапласа;

δ – среднеквадратическое отклонение ординат случайной функции.

Тогда вероятность того, что длина резки будет выдерживаться в допустимых пределах, определится как:

$$p = 1 - \delta \text{ или } p = 2 \Phi_z\left(\frac{\Delta}{\sigma}\right) \quad (1)$$

Подставив в выражение (1) соответствующие значения допусков и среднеквадратического отклонения и определив значения функций Лапласа, находим зависимость между допуском и вероятностью его сохранения, которая представлена в таблице 1.

Таблица 1 – Зависимость между допуском и вероятностью его сохранения

Скорость вращения, об/мин	Средний размер частицы, мм	Коэффициент вариации V, %	Среднее квадратическое отклонение, $\pm \sigma$ мм	Значение функции $\Phi\left(\frac{\Delta}{\sigma}\right)$	Вероятность сохранения допуска, P
2800	0,81	26,10	0,91	3,30	0,98
2600	1,42	34,47	1,52	-1,98	0,94
2400	1,84	38,23	2,15	1,40	0,82
2200	2,43	41,98	3,00	1,00	0,68
2000	2,61	46,54	3,60	0,84	0,56
1800	2,91	48,04	4,05	0,75	0,54
1600	3,43	52,12	4,53	0,67	0,50
1400	3,92	56,33	5,52	0,55	0,42

Как видно из таблицы 1, вероятность сохранения допуска $\Delta = \pm 1$ мм с увеличением скорости движения уменьшается. С точки зрения вероятности сохранения допуска скорость вращения до 1800 об/мин следует считать целесообразной, так как при этом соответствует зоотехническим требованиям. В диапазоне скоростей 1800 и ниже об/мин средний размер частицы будет выдерживаться с вероятностью 0,82–0,42 от необходимого размера частиц. Если такая вероятность выдерживания допуска не соответствует зоотех-

ническим требованиям, то можно решить обратную задачу: по заданной вероятности и допуску определяется значение среднеквадратического отклонения [7-10].

Например, при вероятности $p = 0,75$ соблюдения допуска $\Delta = \pm 3$ мм получим

$$\Phi\left(\frac{\Delta}{\sigma}\right) = \frac{0,75}{2} = 0,25,$$

откуда $(y)_{p=0,75} = 2,60$ мм.

Результаты и обсуждение. Таким образом, чтобы выдержать вероятность размера частицы в допустимых пределах

75% измельченной массы, необходимо уменьшить величину среднеквадратического отклонения. Для молотковых дробилок-измельчителей величину среднеквадратического отклонения можно уменьшить двумя путями: увеличением числа оборотов ротора и снижением поступательной скорости подачи массы. Первый путь для отечественных молотковых дробилок неприемлем, так как в их конструкциях не предусмотрено изменение числа оборотов ротора. При вероятности $p = 0,75$ для соблюдения допуска $\Delta = \pm 3$ мм следует рекомендовать скорость вращения агрегата не более 1500 об/мин. Таким образом, с точки зрения качества из-

мельчения зерновой массы при вероятности $p = 0,75$ сохранения допуска $\Delta = \pm 3$ мм скорость вращения агрегата должна находиться в диапазоне 1500 – 1600 об/мин [11-15].

При измельчении молотковыми агрегатами, кроме определенного размера частиц, важно обеспечить установленный размер частиц для получения наиболее полного сбора продукции и ее наименьшей загрязненности. Как показали исследования, с увеличением размера частиц загрязненность зерновой массы уменьшается, но одновременно возрастают потери от повышенного размера частиц.

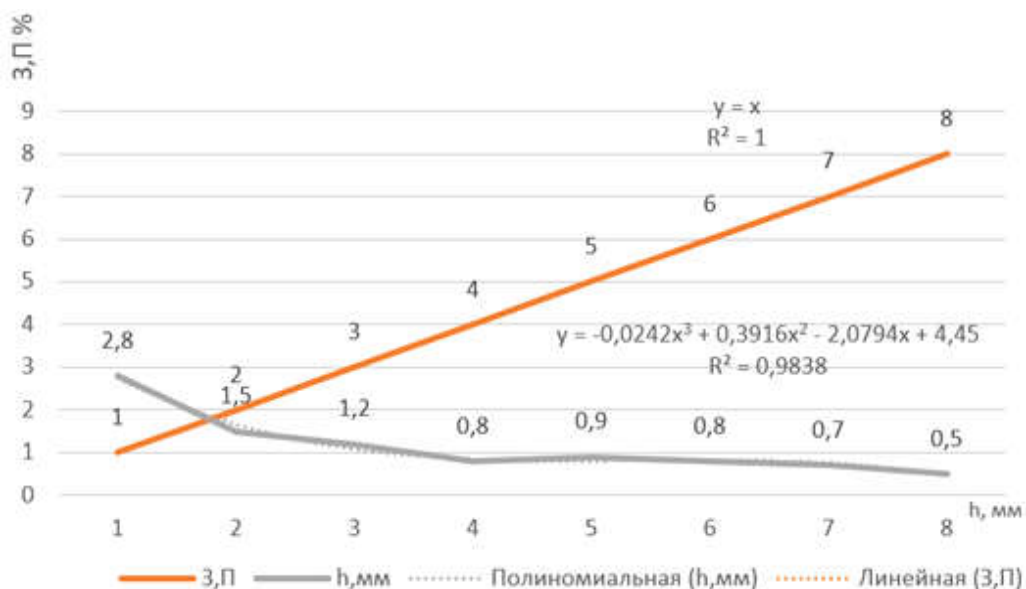


Рисунок 1. Изменение загрязненности и потерь зерна в зависимости от размера частиц: З – загрязненность зерновой массы; П – потери зерновой массы от повышенного размера частиц

На рисунке 1 дано графическое изменение загрязненности и потерь зерновой массы от повышенного размера частиц в зависимости от заданного размера. Принимая за критерий установления заданного размера величину загрязненности 3%, величину потерь 5%, из рисунка 1 находим, что размер частиц без нарушения зоотехнических и агротехнических требований может изменяться в пределах от 2,6 до 2,7 мм. При расчете

процента потерь от повышенного размера частиц, его размер принят равным 3 мм, что соответствует зоотехническим требованиям [14, 15].

В процессе работы невозможно получить точно назначенный размер частиц, поэтому дробилка для исключения повышенной загрязненности регулировалась на размер частиц до 3 мм, тем самым устанавливался допуск на величину размер частиц $\Delta = \pm 2$ мм.

Одним из значимых факторов при исследовании измельчителей фуражного

зерна является скорость подачи зернового материала в рабочую камеру измельчителя. Авторами получены следующие значения, которые сведены в таблицу 2.

Таблица 2 – Влияние скорости подачи зерна

Показатели	Скорость подачи, м/сек							
	1,46	2,40	5,04	6,15	7,15	8,30	9,80	11,20
Фактический размер частиц, мм	10,28	10,67	10,87	11,14	11,40	11,80	12,60	13,60
Коэффициент изменения размера частиц	1,28	1,34	1,36	1,39	1,48	1,52	1,57	1,60
Потери от повышенного размера частиц, %	1,90	2,20	2,36	2,60	3,20	3,40	3,81	4,22
Среднеквадратическое отклонение, мм	2,28	2,67	3,15	3,25	3,30	3,50	3,75	4,24
Коэффициент вариации, %	22,10	25,20	28,01	28,51	30,04	32,00	36,10	38,07
Вероятность сохранения установленного размера частиц	0,83	0,72	0,66	0,61	0,57	0,50	0,42	0,3

Как видно из таблицы 2, с повышением скорости подачи от 1,46 до 11,2 м/сек фактически размер частиц увеличивается в 1,32 раза, коэффициент изменения размера частиц – в 1,25 и среднеквадратическое отклонение – в 1,86 раза.

Полученные статистические гistogramмы распределения размер частиц относительно подачи дают основание полагать, что распределение данного признака подчиняется нормальному закону.

Как известно, теоретическая кривая нормального распределения описывается дифференциальной функцией:

$$f(x) = \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} e^{-\frac{(x-m)^2}{2\sigma^2}},$$

где σ – среднеквадратическое отклонение, см;

m – математическое ожидание, см.

Зная закон распределения высоты стерни относительно почвы, определяем вероятность, при которой обеспечивается установленный размер частиц 3 мм при заданном допуске $\Delta = \pm 2$ мм

$$p(6 < h < 10) = \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} \int_0^{10} e^{-\frac{(x-m)^2}{2\sigma^2}} dh$$

Переходя к функции Лапласа, получим

$$p(6 < h < 10) = \Phi\left(\frac{10-m}{\sigma}\right) - \Phi\left(\frac{6-m}{\sigma}\right) \quad (2)$$

где m и σ – математическое ожидание высоты среза на данном скоростном режиме и соответствующее ему среднеквадратическое отклонение.

Подставив значения m и σ в выражение (2) и найдя значение функции Лапласа в таблицах, получим изменение вероятности сохранения установленного размера частиц в зависимости от подачи зернового материала. Данные расчета приведены в таблице 2, из которой видно, что с увеличением скорости подачи от 0,6 до 1,20 м/час вероятность сохранения установленного размера частиц уменьшается, что приводит к увеличению потерь от повышенного размера частиц в указанном диапазоне скоростей в 2,6 раза.

Выводы: 1. Для повышения эффективности качественных показателей экспериментальной установки необходимо соблюдать следующие требования: допуск на величину размера измельченных частиц $\Delta = \pm 3$ мм при вероятности сохранения $p = 0,75$ измельчение зерновой массы находится в пределах допустимых зоотехнических требований при скорости подачи зернового материала 0,05–0,06 м/час.

2. При размере частиц в диапазоне от 0,7 до 2,8 мм работа дробилки происходит без нарушения зоотехнических требо-

ваний по загрязненности зерновой массы примесями и потерь от повышенного размера частиц.

Список источников

1. Научное и техническое обеспечение производства и переработки зерна в условиях Бурятии: научно-практические рекомендации / Цыбиков Б.Б., Алтаева О.А., Имескенова Э.Г. [и др.]. Улан-Удэ, 2023. 183 с. EDN: ELVPBW.
2. Балданов М.Б. Повышение эффективности функционирования безрешетного молоткового измельчителя фуражного зерна: монография. Улан-Удэ, 2022. 150 с.
3. Федоренко И.Я., Левин А.М. Совершенствование процесса измельчения кормового зерна. Рекомендации. Барнаул: РИО Алтайского ГАУ, 2023. 63 с.
4. Патент RU 225 920 B02C 13/00. Цилиндрический рабочий орган ротора измельчителя / М.Б. Балданов, Л.П. Шкедова, М.З. Жамсуев и др. Патентообладатель: Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования "Бурятская государственная сельскохозяйственная академия имени В.Р. Филиппова". Заявка: 2023130170, заявл. 21.11.2023, опубл. 14.05.2024.
5. О выборе рациональных параметров молотковой дробилки с монолитным молотком / М.Б. Балданов, Ю.А. Сергеев, В.И. Коновалов, А.А. Коновалова // Вестник ВСГУТУ. 2020. №1(78). С.55-60. EDN: OQGDQE.
6. Совершенствование дробилки фуражного зерна / М.Б. Балданов, С.Н. Шуханов, Н.В. Степанов // Наука в центральной России. 2025. С.21-28. DOI: 10.35887/2305-2538-2025-5-21-28. EDN: MPKGUC.
7. Бесполденнов Р.В. Конструктивно-режимные параметры молотковой зернодробилки с оппозитной загрузкой исходного материала: Автореф. дис... канд. техн. наук. Барнаул, 2023. 22с. EDN: WXUTJH.
8. Кардашевский Е.Е., Левин А.М., Федоренко И.Я. Проблемы модернизации конструкций вибрационных измельчителей кормового зерна // Вестник Алтайского государственного аграрного университета. 2024. № 6. С.114-121. DOI: 10.53083/1996-4277-2024-236-6-114-121. EDN: BXADHS.
9. Федоренко И.Я., Левин А.М., Табаев А.В. Реологическая модель единичной частицы фуражного зерна // Теория и практика современной аграрной науки: сборник III национальной (Всероссийской) научной конференции с международным участием, Новосибирск, 28 февраля 2020 года / Новосибирский государственный аграрный университет. Новосибирск: ИЦ НГАУ «Золотой колос», 2020. С. 476-479. EDN: EGACWK.
10. Левин А.М., Федоренко И.Я. Выбор рациональной динамической схемы измельчителя кормового зерна // Аграрная наука – сельскому хозяйству: сборник материалов XVIII международной научно-практической конференции. В 2 книгах. Барнаул, 08-09 февраля 2024 года. Книга 1. Барнаул: Алтайский ГАУ, 2024. С. 114-117.
11. Табаев А.В., Федоренко И.Я., Левин А.М. Расчет технологических показателей вибрационных измельчителей фуражного зерна // Вестник Алтайского государственного аграрного университета. 2020. № 10 (192). С. 112-118.
12. Сабиев У.К., Союнов А.С. Результаты экспериментальных исследований измельчителя с криволинейными режущими элементами // Вестник Омского государственного аграрного университета. 2023. №4. С.178-183. EDN: EPCAMZ.
13. Федоренко И.Я., Левин А.М., Табаев А.В. Морфологический анализ вибрационных измельчителей кормового зерна // Вестник Алтайского государственного аграрного университета. 2020. №1. С.156-163. EDN: NAEPUL.
14. Федоренко И.Я., Левин А.М., Табаев А.В. Динамические эффекты, проявляющиеся в механической системе вибрационного измельчителя кормового зерна // Вестник Алтайского государственного аграрного университета. 2021. №11. С. 86-93. DOI: 10.53083/1996-4277-2021-205-11-86-93. EDN: KGYPAQ.
15. Сабиев У.К., Садов В.В. Показатели эффективности измельчителей фуражного зерна // Вестник Алтайского государственного аграрного университета. 2021. № 6 (200). С. 93–99. EDN: BSZFPO.

References

1. Tsybikov B.B. Scientific and technical support for grain production and processing in the conditions of Buryatia / Tsybikov B.B., Altaeva O.A., Imeskenova E.G., Batudaev A.P., Radnaev D.N., Abiduev A.A., Pekhutov A.S., Sergeev Yu.A., Kokieva G.E., Baldanov M.B. Scientific and practical recommendations / Ulan-Ude, 2023. 183 p.
2. Baldanov M.B. Increasing the efficiency of functioning of a screenless hammer grinder of feed grain: monograph / M.B. Baldanov, Ulan-Ude, 2022. 150 p.
3. Fedorenko I.Ya., Levin A.M. Improvement of the process of grinding feed grain. Recommendations. Barnaul: RIO Altai State Agrarian University, 2023. 63 p.
4. Patent RU 225 920 B02C 13/00. Cylindrical working body of the chopper rotor / Baldanov M.B., Shkedova L.P., Zhamsuev M.Z., etc. Patent holders: Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education "Buryat State Agricultural Academy named after V.R. Filippov". Application: 2023130170, application. 11/21/

2023, publ. 05/14/2024.

5. Baldanov M.B., Sergeev Yu.A., Konovalov V.I., Konovalova A.A. On the choice of rational parameters of a hammer mill with monolithic hammers. *ESSUTM Bulletin*. 2020;1(78):55-60 (In Russ.).

6. Baldanov M.B., Shukhanov S.N., Stepanov N.V. Improvement of a fodder grain crusher. *Science in Central Russia*. 2025;5(77):21-28 (In Russ.). DOI: 10.35887/2305-2538-2025-5-21-28.

7. Bepoldenov R.V. Design and operating parameters of a hammer grain crusher with opposite loading of source material. Candidate's dissertation abstract Barnaul, 2023. 22 p (In Russ.).

8. Kardashevsky E.E., Levin A.M., Fedorenko I.Ya. Issues of design modernization of vibrating feed grain grinders. *Bulletin of the Altai State Agrarian University*. 2024;6:14-121 (In Russ.). DOI: 10.53083/1996-4277-2024-236-6-114-121.

9. Fedorenko I.Ya., Levin A.M., Tabaev A.V. Rheological model of a single particle of feed grain. *Theory and practice of modern agricultural science: Proc. of the III National (All-Russian) Sci. Conf. with Int. Part*. Novosibirsk, 2020. Pp. 476-479 (In Russ.).

10. Levin A.M., Fedorenko I.Ya. Selection of a rational dynamic scheme for a feed grain grinder. *Agrarian science - agriculture: Proc. of the XVIII Int. Sci. and Pract. Conf. In 2 books. Book 1*. Barnaul: Altai SAU, 2024. Pp. 114-117 (In Russ.).

11. Tabaev A.V., Fedorenko I.Ya., Levin A.M. Calculation of technological indicators of vibration grinders of feed grain. *Bulletin of the Altai State Agrarian University*. 2020;10(192):112-118 (In Russ.).

12. Sabiev U.K., Soyunov A.S. Results of experimental studies of a grinder with curved cutting elements. *Vestnik of Omsk State Agrarian University*. 2023;4(52):178-183 (In Russ.).

13. Fedorenko I.Ya., Levin A.M., Tabaev A.V. Morphological analysis of vibration feed grain grinders. *Bulletin of the Altai State Agrarian University*. 2020;1:156-163. (In Russ.).

14. Fedorenko I.Ya., Levin A.M., Tabaev A.V. Dynamic effects manifested in the mechanical system of a vibrating feed grain grinder. *Bulletin of the Altai State Agrarian University*. 2021;11:86-93. (In Russ.). DOI: 10.53083/1996-4277-2021-205-11-86-93.

15. Sabiev U. K., Sadov V. V. Feeding grain grinder efficiency indices. *Bulletin of the Altai State Agrarian University*. 2021;6 (200):93–99 (In Russ.).

Информация об авторах

Мунко Базарович Балданов – кандидат технических наук, доцент, кафедра «Электрификация и автоматизация сельского хозяйства», Бурятская государственная сельскохозяйственная академия имени В.Р. Филиппова, munko.baldanov@mail.ru;

Даба Нимаевич Раднаев – доктор технических наук, профессор, кафедра «Механизация сельскохозяйственных процессов», Бурятская государственная сельскохозяйственная академия имени В.Р. Филиппова, daba01@mail.ru;

Людмила Павловна Шкедова – старший преподаватель, кафедра «Электрификация и автоматизация сельского хозяйства», Бурятская государственная сельскохозяйственная академия имени В.Р. Филиппова, shkedoval@yandex.ru;

Мэргэн Зориктуевич Жамсуев – аспирант, кафедра «Электрификация и автоматизация сельского хозяйства», Бурятская государственная сельскохозяйственная академия имени В.Р. Филиппова, mergen05560@gmail.com;

Константин Петрович Балданов – кандидат технических наук, доцент, кафедра «Механизация сельскохозяйственных процессов», Бурятская государственная сельскохозяйственная академия имени В.Р. Филиппова, kostya.baldanov@yandex.ru.

Information about the authors

Munko B. Baldanov – Candidate of Science (Engineering), Associate Professor, Chair of Electrification and Automation of Agriculture, Buryat State Academy of Agriculture named after V. Philippov, munko.baldanov@mail.ru;

Daba N. Radnaev – Doctor of Science (Engineering), Professor, Chair of Mechanization of Agricultural Processes, Buryat State Academy of Agriculture named after V. Philippov, daba01@mail.ru

Lyudmila P. Shkedova – Senior lecturer, Chair of Electrification and Automation of Agriculture, shkedoval@yandex.ru;

Mergen Z. Zhamstuev – Postgraduate student, Chair of Electrification and Automation of Agriculture, Buryat State Academy of Agriculture named after V. Philippov, mergen05560@gmail.com

Konstantin P. Baldanov – Candidate of Science (Engineering), Associate professor, Chair of Mechanization of Agricultural Processes, Buryat State Academy of Agriculture named after V. Philippov, kostya.baldanov@yandex.ru.

Статья поступила в редакцию 08.12. 2025; одобрена после рецензирования 27.04.2026; принята к публикации 12.05.2026.

The article was submitted 08.12.2025; approved after reviewing 27.04.2026; accepted for publication 12.05.2026.