

## ОРИГИНАЛЬНАЯ СТАТЬЯ

УДК 631.3

<https://doi.org/10.26897/2687-1149-2024-6-49-55>**Технический сервис машин и оборудования животноводства: состояние и перспективы его организации***Е.Л. Чепурина<sup>1</sup>, А.В. Чепурин<sup>2</sup>, Д.Л. Кушнарева<sup>3</sup>*<sup>1,2,3</sup> Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К.А. Тимирязева; г. Москва, Россия<sup>1</sup> [chepurina@rgau-msha.ru](mailto:chepurina@rgau-msha.ru); <https://orcid.org/0000-0002-1844-9119><sup>2</sup> [av.tchepurin@rgau-msha.ru](mailto:av.tchepurin@rgau-msha.ru); <https://orcid.org/0000-0003-4699-4541><sup>3</sup> [d.kushnareva@rgau-msha.ru](mailto:d.kushnareva@rgau-msha.ru); <https://orcid.org/0000-0002-2653-4938>

**Аннотация.** Производство высококачественного молока возможно при использовании на животноводческих фермах и комплексах современных технологий и работоспособного оборудования. Выявленный низкий уровень работоспособности машин и оборудования животноводства связан с рядом причин: необеспеченностью инженерно-технической службы (ИТС) необходимой ремонтно-технической базой, основными ремонтно-техническими материалами и запасными частями; отсутствием высококвалифицированного персонала; низким уровнем организации технического сервиса, когда техническое обслуживание и текущий ремонт проводят разные специалисты; отсутствием ответственности и стимулирования персонала ИТС за конечные показатели работы (работоспособность техники, объемы производства продукции, качество продукции и др.). С целью повышения уровня безотказности машин и оборудования молочного животноводства предлагаем совершенствовать организацию технического сервиса машин и оборудования и работу инженерно-технической службы (ИТС) ферм. Для определения вероятности возникновения того или иного отказа на животноводческих фермах предлагается проведение ИТС глубокой технической диагностики с использованием современного оборудования и цифровых технологий и своевременное выполнение плановых технических осмотров и текущего ремонта. Это значительно увеличит срок эксплуатации машин и сократит количество простоев оборудования по причине неисправностей. Для стимулирования работников ИТС предлагается использовать оценочный показатель качества службы – коэффициент технической готовности. Предусмотрено дополнительное стимулирование работников ИТС за обеспечение высокого уровня технической готовности и отсутствие простоев по техническим причинам. Работники ИТС получают премии за увеличение объемов и повышение качества выпускаемой продукции.

**Ключевые слова:** технический сервис, технический сервис машин и оборудования животноводства, техническое обслуживание, текущий ремонт, эффективность, коэффициент технической готовности, премирование работников

**Для цитирования:** Чепурина Е.Л., Чепурин А.В., Кушнарева Д.Л. Технический сервис машин и оборудования животноводства: состояние и перспективы его организации // *Агроинженерия*. 2024. Т. 26, № 6. С. 49-55. <https://doi.org/10.26897/2687-1149-2024-6-49-55>

## ORIGINAL ARTICLE

**Technical service of livestock machinery and equipment: current state and prospects of its organization***E.L. Chepurina<sup>1</sup>, A.V. Chepurin<sup>2</sup>, D.L. Kushnareva<sup>3</sup>*<sup>1,2,3</sup> Russian State Agrarian University – Moscow Timiryazev Agricultural Academy; Moscow, Russia<sup>1</sup> [chepurina@rgau-msha.ru](mailto:chepurina@rgau-msha.ru); <https://orcid.org/0000-0002-1844-9119><sup>2</sup> [av.tchepurin@rgau-msha.ru](mailto:av.tchepurin@rgau-msha.ru); <https://orcid.org/0000-0003-4699-4541><sup>3</sup> [d.kushnareva@rgau-msha.ru](mailto:d.kushnareva@rgau-msha.ru); <https://orcid.org/0000-0002-2653-4938>

**Abstract.** Production of high quality milk is possible when using modern technologies and efficient equipment on livestock farms and facilities. The actual low operability level of livestock farming machinery and equipment is associated with a number of reasons. They include the unavailability of the necessary repair and technical facilities and basic repair and technical materials and spare parts for the engineering and technical service (ETS); lack of highly qualified personnel; low-level organization of technical service (maintenance and routine repairs are carried out by different specialists); lack of responsibility and stimulation system of the ETS personnel for the final

performance indicators (the operability of machinery and equipment). In order to increase the level of failure-free operation of machinery and equipment used in dairy cattle breeding the authors suggest improving the organization of technical service of machinery and equipment and the performance of engineering and technical service (ETS) on farms. In order to determine the probability of a particular failure on livestock farms the ETS could perform deep technical diagnostics with the use of modern equipment and digital technologies and timely perform scheduled technical inspections and routine repairs. This will significantly increase the service life of machines and reduce the number of equipment downtime due to malfunctions. To stimulate the performance of ETS specialists, the authors propose to use an evaluation indicator of service quality – the technical readiness coefficient. ITS employees could also get additional incentives for ensuring a high level of technical readiness and absence of downtime due to technical reasons. To improve the quality of manufactured products, ETS specialists can be offered bonuses for increasing the production volume and improving the quality of products.

**Keywords:** technical service, technical service of livestock farming machinery and equipment, maintenance, routine repairs, efficiency, technical readiness coefficient, employee bonuses

**For citation:** Chepurina E.L., Chepurin A.V., Kushnareva D.L. Technical service of livestock machinery and equipment: current state and prospects of its organization. *Agricultural Engineering (Moscow)*. (In Russ.). 2024;26(6):49-55. <https://doi.org/10.26897/2687-1149-2024-6-49-55>

### Введение

В молочном животноводстве технологии с беспривязным содержанием коров хорошо себя зарекомендовали. Однако в нашей стране большая часть поголовья коров содержится при привязном способе содержания. Достижение высоких результатов в повышении производительности и снижении расходов на содержание животных при привязном содержании достигается за счет уменьшения энергозатрат, относящихся к производству (особенно в зимний период), а также эксплуатационных расходов, связанных с техническим обслуживанием и ремонтом машин и оборудования. При грамотной организации технического обслуживания оборудования для молочного животноводства можно повысить его надежность и безотказность [1-3].

На животноводческих фермах особое внимание должно уделяться уровню технического оснащения. Как показывает передовой отечественный и зарубежный опыт, высокая эффективность производства

молока возможна только при использовании на фермах современных и высокоэффективных технологий и технических средств. Основным технологическим оборудованием молочных ферм являются машины и оборудование для содержания коров, кормления, поения, доения, охлаждения и хранения молока, навозоудаления, ухода за животными.

Уровень механизации производственных процессов на фермах и комплексах составляет 70...80%. Примерно 69...77% машин и оборудования эксплуатируются за пределами нормативов по амортизации. Поступление новых современных машин и оборудования животноводства осуществляется незначительными темпами<sup>1</sup> и в общем объеме не превышает 1,5...2,5%. Несмотря на усилия и принимаемые меры, физический и моральный износ эксплуатируемого парка технологических машин и оборудования, а также несвоевременная замена на их высокотехнологичные аналоги приводят к возникновению ресурсных отказов (рис. 1) [4].

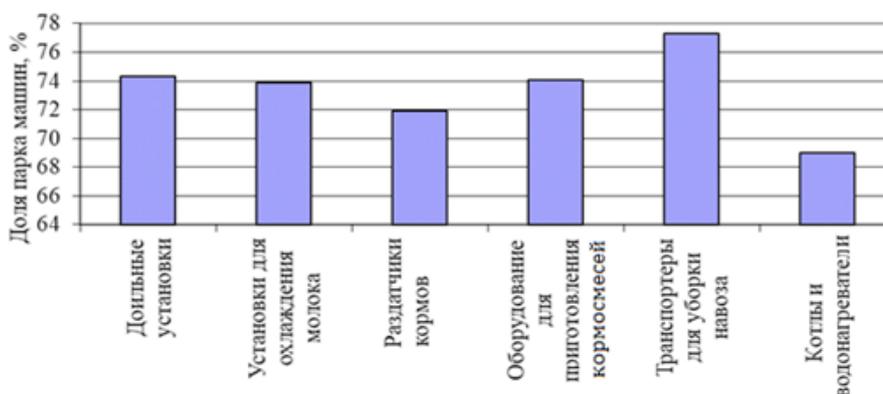


Рис. 1. Доля парка машин и оборудования для животноводческих ферм, эксплуатируемых за пределами срока службы

Fig. 1. Share of livestock machinery and equipment fleet operated beyond their service life

<sup>1</sup> Кушнарева Д.Л. Повышение эффективности работы инженерно-технической службы молочного хозяйства: Дис. ... канд. техн. наук. Москва, 2023. 179 с. EDN: HBDLRG.

Основная часть ферм с привязным содержанием скота в нашей стране оснащена отечественным оборудованием фирм-производителей: АГРОТРЕСТ, Ижагромаш, ООО «Агроферма», РУСАГРОТЕХНОЛОГИИ, ООО «Кургансельмаш» и др. Фермы и комплексы с беспривязным содержанием КРС в основном используют машины и оборудование зарубежных фирм DeLaval (Швеция), GEA Farm Technologies (Германия) и др. [5, 6]. Применяемые в технологическом процессе машины и оборудование импортного производства предполагают «строгое соблюдение установленных фирмой-изготовителем требований по эксплуатации и качественное техническое обслуживание, которое должно проводиться специализированным персоналом»<sup>2</sup>. С введением санкций большая часть зарубежных фирм-производителей оборудования для молочного животноводства ушла с российского рынка, и обслуживать технику приходится своими силами.

Для повышения уровня безотказности и работоспособности машин и оборудования для молочного животноводства (как отечественных, так и зарубежных) на фермах применяют металлообрабатывающее, сварочное, наплавочное и другое ремонтно-технологическое оборудование, в связи с чем повышаются затраты труда и увеличивается численность квалифицированного состава исполнителей работ.

**Цель исследований:** повышение уровня безотказности машин и оборудования молочного животноводства на основе совершенствования организации технического сервиса и работы инженерно-технической службы.

### Материалы и методы

При проведении исследований применяли методы анализа и сравнительных оценок надежности и эффективности машин и оборудования, эксплуатируемых в молочном животноводстве.

### Результаты и их обсуждение

Высокий уровень работоспособности машин и оборудования для молочных ферм в значительной мере зависит от интенсивности и продолжительности их использования и условий эксплуатации (температуры, относительной влажности, содержания аммиака, углекислоты и др.). Поэтому очень важно своевременно и качественно проводить техническое обслуживание (ТО) и ремонт машин и оборудования [7].

<sup>2</sup> Кушнарева Д.Л. Повышение эффективности работы инженерно-технической службы молочного хозяйства: дисс. ... канд. техн. наук. Москва, 2023. 179 с. EDN: HBDLRG.

Отличительной особенностью работы оборудования на фермах и комплексах являются специфические условия его эксплуатации. Весь процесс проведения работ по техническому обслуживанию или ремонту должен осуществляться во время технологических перерывов (в течение 3-5 ч), чтобы не оказывать влияние на технологический процесс производства молока.

Эффективное производство молока обеспечивается только исправными технологическими машинами и оборудованием. Основным руководящим документом эксплуатации машин и оборудования молочного животноводства является «Планово-предупредительная система технического обслуживания и ремонта машин и оборудования в животноводстве» (ППСТОРЖ)<sup>3</sup>. Требования системы, регламентирующие плановые мероприятия, учитываются заводами-изготовителями машин и оборудования и отражаются в инструкциях по их эксплуатации.

Действующие руководство и правила по эксплуатации содержат только плановые мероприятия по обслуживанию, а в реальных условиях эксплуатации все проводимые работы по устранению отказов носят вероятностный характер. Организацию и проведение работ при реальной эксплуатации животноводческих машин и оборудования отражает схема, приведенная на рисунке 2 [8, 9].

Плановое периодическое техническое обслуживание (ЕТО, ТО-1, ТО-2) регламентировано по времени, его проведение может смещаться в пределах  $\pm 10\%$  или совмещаться с проведением текущих ремонтно-обслуживающих воздействий (ТРп)<sup>4</sup>. Однако совмещение внеплановых операций по устранению внезапных отказов (текущего ремонта ТРп1 и ТРп2) с операциями ТО приводит к снижению качества выполняемых работ.

С целью повышения уровня безотказности машин и оборудования для молочного животноводства нами разработана схема организации технического сервиса (рис. 3).

Достижение высоких результатов эффективно-го использования машин и оборудования возможно за счет своевременного и качественного контроля технического состояния и проведения ИТС планового технического обслуживания (ЕТО, ТО-1 и ТО-2) и текущего ремонта.

<sup>3</sup> ГОСТ 24466-80. Система технического обслуживания и ремонта сельскохозяйственной техники. Машины и оборудование для животноводства и кормопроизводства. Правила технического обслуживания. Общие требования. М.: Изд-во стандартов, 1981.

<sup>4</sup> Кушнарева Д.Л. Повышение эффективности работы инженерно-технической службы молочного хозяйства: Дис. ... канд. техн. наук. Москва, 2023. 179 с. EDN: HBDLRG.

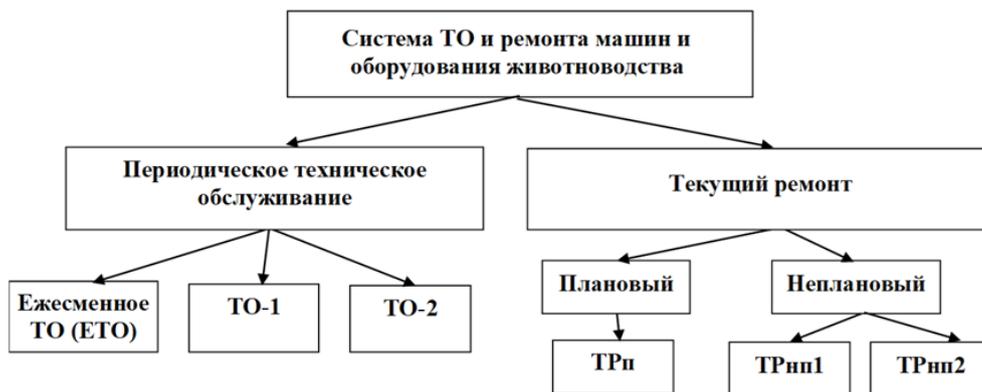


Рис. 2. Мероприятия по поддержанию и обеспечению работоспособности машин и оборудования животноводства  
 Fig. 2. Measures to maintain and ensure the operability of livestock machinery and equipment

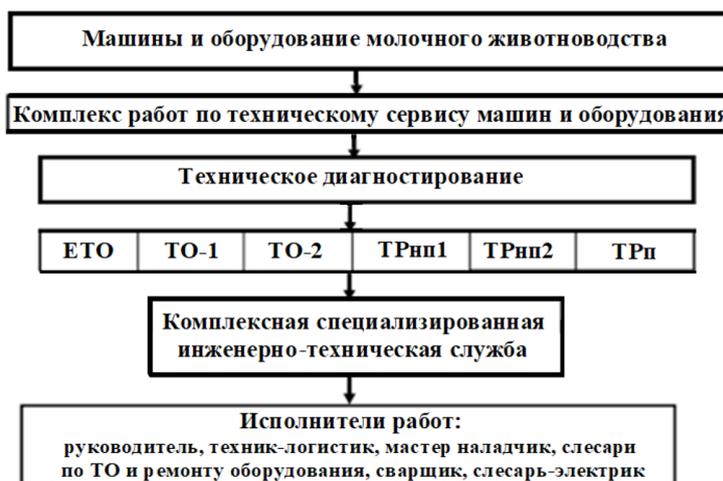


Рис. 3. Предлагаемая схема организации технического сервиса машин и оборудования животноводства  
 Fig. 3. Proposed model for organizing technical service of livestock farming machinery and equipment

Использование методов и средств технического диагностирования машин и оборудования позволяет выявить на ранней стадии возможные неисправности в ближайшем периоде эксплуатации до наступления серьезного дефекта и тем самым не допустить возникновения внезапного отказа, предотвратить остановку и простои по техническим причинам, а также уменьшить затраты на ремонт. Поэтому ИТС на животноводческих фермах должна проводить глубокую техническую диагностику с использованием современного оборудования и цифровых технологий для определения вероятности возникновения того или иного отказа.

В предлагаемой нами организационной структуре деятельность ИТС хозяйства зависит от объема и характера ремонтно-обслуживающих работ, необходимого штатного состава ИТС, уровня их квалификации, обеспеченности запасными частями, материально-техническими ресурсами и возможности использования ремонтного оборудования хозяйства для выполнения всех операций технического сервиса в случае невозможности ремонта на местах [8].

Для стимулирования труда работников ИТС нами предлагается учитывать оценочные показатели эффективности службы. В настоящее время персонал ИТС получает сдельную или повременную заработную плату, которая не стимулирует персонал в повышении качества выполняемых работ и профилактических мероприятий по техническому сервису. В качестве основного оценочного критерия деятельности ИТС целесообразно применить коэффициент технической готовности, который согласно ГОСТ Р 53480-2009 определяется по формуле [9, 10]:

$$K_{ТГ} = \frac{t_{сум}}{t_{сум} + t_p + t_{ТО}}$$

где  $t_{сум}$  – наработка машин и оборудования за определенный период, ч;  $t_{ТО}$  и  $t_p$  – продолжительность технического обслуживания и устранения последствий отказов соответственно, ч<sup>5</sup>.

<sup>5</sup> Кушнарера Д.Л. Повышение эффективности работы инженерно-технической службы молочного хозяйства: Дис. ... канд. техн. наук. Москва, 2023. 179 с. EDN: HBDLRG.

Для повышения показателей надежности необходимо увеличить суммарную продолжительность работы машины и уменьшить время простоя машин и оборудования при выполнении работ по техническому диагностированию, ТО и текущему ремонту. Повышение периодичности и качества выполнения операций по диагностике машин увеличивает наработку на отказ и уменьшает количество эксплуатационных внеплановых отказов машин и, соответственно, трудоемкость устранения их последствий<sup>6</sup> [11, 12].

Особенностью предлагаемых мероприятий является организация выполнения плановых работ периодических технических обслуживаний, и в первую очередь – ежесменного ТО и ТО-1, силами и средствами инженерно-технической службы молочного хозяйства. В отличие от существующей организации технического сервиса, при которой работы выполняются эксплуатирующим персоналом ферм, квалифицированный персонал ИТС будет проводить постоянный визуальный контроль технического состояния узлов и агрегатов машин и оборудования, что позволит своевременно реагировать и предупреждать аварийные поломки и отказы.

При снижении простоя оборудования и получения дополнительного дохода от повышения сортности молока персонал ИТС может рассчитывать на стимулирующие выплаты из установленного объема выделенных средств на обеспечение безостановочного функционирования технологического процесса производства молока. Объем выделенных средств определяется согласно статистическим данным за последние несколько лет и может ежегодно корректироваться с учетом программы производства и инфляции.

После определения суммарного объема выделенных средств на машины и оборудование животноводства и видов работ по техническому сервису формируется годовой фонд оплаты труда ИТС, включающий в себя оплату труда основного персонала ИТС, дополнительные выплаты и премии за качественно выполненные работы по техническому сервису.

Для определения месячного фонда заработной платы работников ИТС воспользуемся методикой расчета на основании изменения коэффициента технической готовности в результате новой организации процесса обслуживания машин и оборудования. Методика расчета подтверждена актом внедрения в результате производственной проверки предложенных рекомендаций по повышению деятельности

ИТС на молочной ферме в ЗАО «СКВО» Ростовской области с привязным содержанием крупного рогатого скота.

На основании годового фонда премирования коллектива ИТС, который составляет до 40% от общего фонда оплаты труда, определяется действительный коэффициент готовности  $K_{\text{ТТ}}$ . При этом устанавливается базовое  $K_{\text{ТТ}}^{\text{Б}}$  и планируемое  $K_{\text{ТТ}}^{\text{П}}$  значение оценки эффективности деятельности ИТС.

Месячная расценка дополнительной заработной платы (премии) за 1% значения  $K_{\text{ТТ}}$  до базового уровня определяется по формуле:

$$z_{\text{доп}}^{\text{Б}} = \frac{\Phi_{\text{ЗП}}}{12 \cdot K_{\text{ТТ}}}$$

Если эффективность выполненных работ ИТС обеспечивает коэффициент готовности, превышающий базовый уровень, то сотрудникам службы начисляется премия за долю увеличения базового уровня  $K_{\text{ТТ}}$  по формуле:

$$z_{\text{доп}}^{\text{П}} = \frac{\Phi_{\text{ЗП}}}{12 \cdot (K_{\text{ТТ}}^{\text{П}} - K_{\text{ТТ}}^{\text{Б}})}$$

Ежемесячно в фонд заработной платы будут вноситься корректировки в зависимости от значения действительного коэффициента технической готовности, полученного от внедрения новой организации процесса обслуживания техники и оборудования.

Основной фонд средств, приходящихся на заработную плату и премии кадровому составу по обслуживанию техники, будет формироваться с учетом личного вклада каждого специалиста, проведенных операций по обслуживанию техники, оборудования для животноводства и его простоев. Фонды оплаты и стимулирования труда распределяются между членами трудового коллектива ИТС в соответствии с коэффициентом трудового участия каждого работника. Предусматривается премирование сотрудников ИТС за снижение или отсутствие отказов оборудования, повышение производительности труда и качество выполняемых операций по обслуживанию всего технологического процесса.

Внедрение новой организации технического сервиса позволяет снизить объем ремонтных работ по животноводческому оборудованию до 2,0...2,5 раза [6, 7], что позволит повысить коэффициент технической готовности до 90...95% при снижении основных затрат на обслуживание оборудования в 1,5...2,0 раза [11, 13, 14]. Получение дополнительного дохода от производства высококачественного молока, от снижения простоев животноводческого оборудования по причинам отказов составит около 1,9 млн руб. [6, 7].

<sup>6</sup> Чепурина Е.Л. Совершенствование системы технического сервиса машин и оборудования в молочном животноводстве: Дис. ... д-ра техн. наук. Москва, 2021, 236 с. EDN: BQIUCB.

## Выводы

1. Оснащенность технологических процессов животноводческого производства находится на уровне 75%. Основной парк машин, задействованных в технологическом процессе производства молока, эксплуатируется более 8 лет, а коэффициент обновления оборудования составляет лишь 1,5...2,5%.

2. Уровень надежности животноводческого оборудования зависит от величины коэффициента готовности техники, а его повышение обусловлено

своевременным выполнением операций технического сервиса с рациональным планированием и распределением работ ИТС.

3. Своевременное и качественное проведение силами инженерно-технической службы операций по диагностированию, планового технического обслуживания (ЕТО, ТО-1 и ТО-2) и текущего ремонта (ТРп, ТРп1 и ТРп2) машин и оборудования животноводства уменьшает количество времени простоев машин и оборудования по техническим причинам.

## Список источников

1. Чепурин А.В., Чепурина Е.Л., Кушнарева Д.Л. Организация фирменного сервиса отечественной сельскохозяйственной техники // *Сельский механизатор*. 2023. № 4. С. 40-43. EDN: MOKTDB
2. Парлюк Е.П., Кушнарева Д.Л. Совершенствование организации технического сервиса машин и оборудования // *Сельский механизатор*. 2023. № 3. С. 38-40. EDN: HNSWGG
3. Chepurin A., Chepurina E., Kushnareva D., Tamasova G., Cherkasova E. To the organization of branded technical service of agricultural equipment. *IX International Conference on Advanced Agritechologies, Environmental Engineering and Sustainable Development (AGRITECH-IX 2023)*: E3S Web of Conferences. 2024;486:03009. <https://doi.org/10.1051/e3sconf/202448603009>
4. Морозов Н.М., Хусаинов И.И. Экономическая оценка современного уровня технического оснащения животноводства // *Научные труды ГНУ ВНИИМЖ Россельхозакадемии*. 2011. Т. 22, № 1 (1). С. 164-179. EDN: MXCVLN
5. Чепурина Е.Л., Чепурин А.В., Кушнарева Д.Л. Оценка технического сервиса машин и оборудования животноводства с участием фирм-производителей // *Сельский механизатор*. 2023. № 12. С. 33-35. EDN: LGUDHO
6. Chepurin A., Chepurina E., Kushnareva D., Rybakin D., Pupkova D. Efficiency of technical service of machinery and equipment of livestock production with the participation of manufacturing companies. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*. 2023;1231(1):012019. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/1231/1/012019>
7. Чепурина Е.Л. Методические основы организации инженерно-технической службы молочного животноводства // *Доклады ТСХА*. 2020. Т. 292. Ч. I. С. 502-506. EDN: UCYGDN
8. Kovalev L.I., Kovalev I.L. Analysis of maintenance and repair systems in livestock production. *Russian Journal of Agricultural and Socio-Economic Sciences*. 2015;4:29-37. EDN: UMLEQL
9. Кушнарева Д.Л., Чепурина Е.Л. Повышение эффективности работы инженерно-технической службы агропредприятий // *Научно-информационное обеспечение инновационного развития АПК: Материалы XIV Международной научно-практической интернет-конференции Информагро-2022, 7-9 июня 2022 г. М.: Российский научно-исследовательский институт информации и технико-экономических исследований по инженерно-техническому обеспечению агропромышленного комплекса*, 2022. С. 289-300. EDN: WCBOLY
10. Чепурина Е.Л., Севостьянова Д.Л. К обеспечению безотказности технологического оборудования животноводческих ферм и комплексов // *Инновационные технологии реновации в машиностроении: Сборник трудов Международной научно-технической конференции, посвященной 150-летию факультета «Машиностроительные технологии» и кафедры «Технологии обработки материалов» МГТУ им. Н.Э. Баумана*,

## References

1. Chepurin A.V., Chepurina E.L., Kushnareva D.L. Organization of branded service for domestic agricultural machinery. *Selskiy Mekhanizator*. 2023;4:40-43. (In Russ.)
2. Parlyuk E.P., Kushnareva D.L. Improving the organization of technical service of machinery and equipment. *Selskiy Mekhanizator*. 2023;3:38-40. (In Russ.)
3. Chepurin A., Chepurina E., Kushnareva D., Tamasova G., Cherkasova E. To the organization of branded technical service of agricultural equipment. *IX International Conference on Advanced Agritechologies, Environmental Engineering and Sustainable Development (AGRITECH-IX 2023)*: E3S Web of Conferences. 2024;486:03009. <https://doi.org/10.1051/e3sconf/202448603009>
4. Morozov N.M., Khusainov I.I. Economic assessment of the current level of technical equipment used in livestock farming. *Scientific works of the State Scientific Institution All-Russian Research Institute of Animal Husbandry of the Russian Agricultural Academy*. 2011;22(1):164-179. (In Russ.)
5. Chepurina E.L., Chepurin A.V., Kushnareva D.L. Assessment of the technical service of livestock machinery and equipment with the participation of manufacturing companies. *Selskiy Mekhanizator*. 2023;12:33-35. (In Russ.)
6. Chepurin A., Chepurina E., Kushnareva D., Rybakin D., Pupkova D. Efficiency of technical service of machinery and equipment of livestock production with the participation of manufacturing companies. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*. 2023;1231(1):012019. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/1231/1/012019>
7. Chepurina E.L. Methodological foundations for organizing the engineering and technical service of dairy farming. *Doklady TSKhA*. 2020;292(1):502-506. (In Russ.)
8. Kovalev L.I., Kovalev I.L. Analysis of maintenance and repair systems in livestock production. *Russian Journal of Agricultural and Socio-Economic Sciences*. 2015;4:29-37. (In Russ.)
9. Kushnareva D.L., Chepurina E.L. Improving work efficiency engineering and technical services of agricultural enterprises. *Scientific and Information Support for Innovative Development of the Agro-Industrial Sector: Proceedings of the XIV International Scientific and Practical Internet Conference Informagro-2022, June 7-9, 2022. Moscow: Rosinformagrotekh, 2022. Pp. 289-300. (In Russ.)*
10. Chepurina E.L., Sevostyanova D.L. To ensure the reliability of technological equipment of livestock farms and complexes. *Innovative Renovation Technologies in Mechanical Engineering: Proceedings of the International Scientific and Technical Conference Dedicated to the 150th Anniversary of the Faculty of Mechanical Engineering Technologies and the Department of Materials Processing Technologies of Bauman Moscow State Technical University*, February 4-5, 2019. Moscow: Moscow State Regional University, 2019. Pp. 437-441. (In Russ.)

4-5 февраля 2019 г. М.: Московский государственный областной университет, 2019. С. 437-441. EDN: ZBJVCP

11. Чепурина Е.Л., Севостьянова Д.Л. Повышение безотказности машин и оборудования в животноводстве // Системы управления полным жизненным циклом высокотехнологичной продукции в машиностроении: новые источники роста: Материалы Всероссийской научно-практической конференции, 18 апреля 2018 г. М.: Московский государственный технический университет имени Н.Э. Баумана (национальный исследовательский университет), 2018. С. 162-167. EDN: XUJHZ

12. Кушнарев Л.И. Методика обоснования параметров модернизации ремонтно-технической базы предприятий, эксплуатирующих сельхозтехнику // Тракторы и сельхозмашины. 2015. № 7. С. 49-51. EDN: UCNHNP

#### Информация об авторах

**Екатерина Леонидовна Чепурина**<sup>1</sup>, д-р техн. наук, доцент, заведующий кафедрой инженерной и компьютерной графики; chepurina@rgau-msha.ru; <https://orcid.org/0000-0002-1844-9119>, AuthorID: 471759

**Александр Васильевич Чепурин**<sup>2</sup>, канд. техн. наук, доцент кафедры метрологии, стандартизации и управления качеством; av.tchepurin@rgau-msha.ru; <https://orcid.org/0000-0003-4699-4541>, AuthorID: 471752

**Дарья Леонидовна Кушнарева**<sup>3</sup>, канд. техн. наук, доцент кафедры инженерной и компьютерной графики; d.kushnareva@rgau-msha.ru; <https://orcid.org/0000-0002-2653-4938>, AuthorID: 1123447

<sup>1,2,3</sup> Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К.А. Тимирязева; Институт механики и энергетики имени В.П. Горячкина; 127434, г. Москва, Тимирязевская ул., 49

#### Вклад авторов

Е.Л. Чепурина – руководство экспериментальным исследованием, проведение исследования, концептуализация, методология, программное обеспечение, создание окончательной версии (доработка) рукописи и ее редактирование;

А.В. Чепурин – проведение экспериментальных исследований, обработка полученных результатов, создание окончательной версии (доработка) рукописи и ее редактирование;

Д.Л. Кушнарева – проведение экспериментальных исследований, подготовка графических материалов.

#### Конфликт интересов

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов и несут ответственность за плагиат

Статья поступила в редакцию 28.04.2024; поступила после рецензирования и доработки 29.10.2024; принята к публикации 30.10.2024

11. Chepurina E.L., Sevostyanova D.L. Improving the reliability of machinery and equipment in animal husbandry. *Systems for managing the full life cycle of high-tech products in mechanical engineering: new sources of growth: Proceedings of the All-Russian scientific and practical conference*, April 18, 2018. Moscow: Bauman Moscow State Technical University (National Research University), 2018. Pp. 162-167. (In Russ.)

12. Kushnarev L.I. Method for substantiation of modernization parameters of maintenance and repair base of enterprises using agricultural machinery. *Tractors and Agricultural Machinery*. 2015;7:49-51. (In Russ.)

#### Author Information

**Ekaterina L. Chepurina**<sup>1</sup>, DSc (Eng), Associate Professor, of the Department of Engineering and Computer Graphics; chepurina@rgau-msha.ru; <https://orcid.org/0000-0002-1844-9119>, AuthorID: 471759

**Aleksandr V. Chepurin**<sup>2</sup>, CSc (Eng), Associate Professor, the Department of Metrology, Standardization and Quality Management; av.tchepurin@rgau-msha.ru; <https://orcid.org/0000-0003-4699-4541>, AuthorID: 471752

**Darya L. Kushnareva**<sup>3</sup>, CSc (Eng), Associate Professor of the Department of Engineering and Computer Graphics; d.kushnareva@rgau-msha.ru; <https://orcid.org/0000-0002-2653-4938>, AuthorID: 1123447

<sup>1,2,3</sup> Russian State Agrarian University – Moscow Timiryazev Agricultural Academy; the Institute of Mechanical and Power Engineering named after V.P. Goryachkin; 127434, Moscow, 49, Timiryazevskaya Str.

#### Authors Contributions

E.L. Chepurina – research supervision, investigation, conceptualization, methodology, software, writing – finalizing (revising and editing) of the manuscript;

A.V. Chepurin – investigation, processing the obtained results, writing – finalizing (revising and editing) of the manuscript;

D.L. Kushnareva – investigation, visualization.

#### Conflict of interests

The authors declare no conflict of interest and are responsible for plagiarism

Received 28.04.2024; Revised 29.10.2024; Accepted 30.10.2024.