5. Kornilov T.V. Modernization of spraying equipment / T.V. Kornilov // S.-kh. to lead. - 2011. - No. 3. - S. 33-35.
6. Kruk I.S. Decrease in losses of herbicides due to demolition during processing in adverse weather conditions / I.S. Crook // Ecology and S.-kh. Technics. - 2014. - №7. - S. 50-56.
7. Lysov A.K. Improving the mechanization of spraying plants / A.K. Lysov // Protection and quarantine of plants. - 2012. - No. 6. - S. 48-49.
8. Pushkarev B.V. A device for spraying the lower surface of the leaves / B.V. Pushkarev // Protection and quarantine of plants. - 2011. - No. 5. - S. 23-26.
9. Trailed boom sprayer "Albatros 9/2000" // Prospectus of the company "LEMKEN" (Germany). - 2017. -- 2 p.
10. Revyakin E.L. Machines for chemical plant protection in innovative technologies: scientific. analyte. review. / E.L. Revyakin, N.N. Krahovetsky. - Moscow: Federal State Institution "Rosinformagroteh", 2010. - 56 p.
11. Electronic device AMASPRAY + for controlling field sprayers = "UG 2200 Special" // Prospectus of the company "AMAZONE" (Germany). - 2017. -- 3 p.

Сведения об авторах

Принадлежность к организации

Башкирев Анатолий Петрович – доктор технических наук, профессор Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Курская государственная сельскохозяйственная академия», Россия, г. Курск, e-mail: tmv46@mail.ru.

Шварц Анатолий Адольфович – доктор сельскохозяйственных наук, профессор Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Курская государственная сельскохозяйственная академия», Россия, г. Курск, e-mail: aashwarz.ru.

Шкабенко Александр Юрьевич – аспирант Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Курская государственная сельскохозяйственная академия», Россия, г. Курск, e-mail: shkabenko.al@yandex.ru.

Information about authors

Organization affiliation

Bashkirev Anatoly Petrovich – Doctor of Technical Sciences, Professor of Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education “Kursk State Agricultural Academy”, Russia, Kursk, e-mail: tmv46@mail.ru.

Shvarts Anatoly Adolfovich – Doctor of Agricultural Sciences, Professor of Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education “Kursk State Agricultural Academy”, Russia, Kursk, e-mail: aashwarz.ru.

Shkabenko Alexander Yuryevich – graduate student of Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education “Kursk State Agricultural Academy”, Russia, Kursk, e-mail: shkabenko.al@yandex.ru.

Поступила в редакцию (Received): 22.11.2019 Принята к публикации (Accepted): 23.12.2019

УДК 631.312.021.3

DOI: 10.35887/2305-2538-2019-6-58-66

К ВОПРОСУ ПОВЫШЕНИЯ НАДЕЖНОСТИ И ЭФФЕКТИВНОСТИ МТА ПРИ ВЫПОЛНЕНИИ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ

¹Лебедев Павел Анатольевич

¹ФГБОУ ВО «Ставропольский государственный аграрный университет»

Реферат. Предложен комплексный подход к решению проблемы повышения надежности и эффективности машинно-тракторных агрегатов с учетом реальных условий, включающий

входной контроль запасных частей, обоснование параметров выбраковки рабочих органов, применение альтернативных источников энергии и развитие форм цифровизации. Выявлены основные причины низкого качества запасных частей: отсутствие надлежащего контроля исходного материала, полуфабрикатов и комплектующих изделий у изготовителя, недостаточный контроль качества изготовления, обкатки, испытаний. Проведенный анализ технического состояния плунжерных пар, поступающих в качестве запасных частей показал, что они имеют заниженный ресурс работы, так как 86 % поступающих деталей имеют гидравлическую плотность, не превышающую $t = 45,7$ с. Полученное распределение свидетельствует о том, что для эффективной работы ТНВД необходимы дополнительные затраты, связанные с перекомплектовкой прецизионных деталей. Установлено, что существующие параметры выбраковки требуют уточнения. Показано, что установленные для плунжерных лемехов параметры выбраковки (критичный износ носовой части, износ по длине носовой части, истирание лезвия) не совсем корректны, так как изнашивание носовой части лемеха и появление затылочной фаски сопровождается не только увеличением тягового сопротивления из-за образования ядра уплотнения, но и выглублением лемеха, приводящем к уменьшению глубины вспашки. При выполнении вспашки с изношенными лемехами коэффициент вариации варьирует до 25% по глубине, а при работе с изношенными культиваторными лапами происходит увеличение тягового сопротивления на 28%. Предложенная зависимость общего расхода топлива (2) при использовании систем спутниковой навигации, может представлять собой комплексный критерий оценки надежности и эффективности МТА при выполнении технологических операций, и служить инструментом для цифрового оперативного управления надежностью и эффективностью производственных процессов в сельскохозяйственных предприятиях.

Ключевые слова: надежность, эффективность, процесс, расход топлива, ресурс, износостойкость, энергетическое средство, рабочая машина.

ON THE ISSUE OF IMPROVING THE RELIABILITY AND EFFICIENCY OF MTA IN THE PERFORMANCE OF TECHNOLOGICAL PROCESSES

¹Lebedev Pavel

¹FSBEI HE "Stavropol State Agrarian University"

Abstract. An integrated approach is proposed to solve the problem of increasing the reliability and efficiency of machine-tractor units taking into account real conditions, including input control of spare parts, substantiation of the rejection parameters of working bodies, the use of alternative energy sources and the development of digitalization forms. The main reasons for the low quality of spare parts are identified: the lack of proper control of the source material, semi-finished products and components by the manufacturer, insufficient quality control of manufacturing, running, testing. The analysis of the technical condition of the plunger couples arriving as spare parts showed that they have an underestimated service life, since 86% of the incoming parts have a hydraulic density not exceeding $t = 45.7$ s. The distribution obtained indicates that for the efficient operation of the high-pressure fuel pump, additional costs are required associated with the re-assembly of precision parts. It is established that the existing culling parameters require clarification. It was shown that the rejection parameters established for plunger shares (critical wear of the bow, wear along the length of the bow, abrasion of the blade) are not entirely correct, since the wear of the bow of the share and the appearance of the occipital bevel is not only accompanied by an increase in traction resistance due to the formation of the seal core, but also by deepening the ploughshare, leading to a decrease in the depth of plowing. When plowing with worn plowshares, the coefficient of variation varies up to 25% in depth, and when working with worn cultivating paws, there is an increase in traction resistance by 28%. The proposed dependence of the total fuel consumption (2), when using satellite navigation systems can be a comprehensive criterion for assessing the reliability and efficiency of MTA in carrying out technological operations, and serve as a

tool for digital operational control of the reliability and efficiency of production processes in agricultural enterprises.

Keywords: *reliability, efficiency, process, fuel consumption, resource, wear resistance, energy means, working machine*

Введение. Учитывая нынешнее состояние и перспективы развития АПК, которые предусматривают увеличение выпуска сельскохозяйственной продукции и снижение ее себестоимости, разработку и исследование новых ресурсосберегающих направлений и методологических подходов повышения эффективности сельскохозяйственного производства за счет совершенствования эксплуатации и ремонта средств механизации.

Анализ исследований показал, что решение указанной проблемы возможно за счет увеличения надежности и эффективности машинно-тракторных агрегатов (МТА) при выполнении технологических процессов, находящихся в реальных условиях эксплуатации [1 – 3].

Экспериментальная часть. Анализируя теоретические и экспериментальные работы, можно установить, что на современном этапе развития науки имеется большое многообразие подходов и направлений, которые посвящены повышению надежности и эффективности МТА при производстве сельскохозяйственной продукции. К числу последних работ, посвященных повышению эффективности технологических процессов с позиции системы ЧМС, можно отнести исследования, которые выполнил И.Э. Липкович [4]. Автором рассмотрены и математически представлены взаимодействия оператора и технологического средства, как человеко-машинной системы, функционирующей во внешней среде, с целью получения результативного продукта. При должном уровне подготовки оператора и подготовленной среды, качественную сторону выполненной работы будут реализовывать рабочие органы, а оценка качества будет осуществляться по времени, затраченному на выполнение данной операции, времени работы и технического состояния МТА.

Существующие разнообразные подходы, рассмотрены с позиции случайных вероятностных процессов, а так же математического описания взаимодействия этих систем с использованием методов теории вероятностей.

Надежность машинно-тракторного агрегата оказывает существенное влияние на эффективность его работы. Поломки деталей и рабочих органов машин, и как следствие их отказ, приводят к нарушению предъявляемых агротребований и вызывают дополнительные затраты из-за увеличения сроков выполнения технологических операций и к потерям продукции. Все это приводит к увеличению себестоимости производимой продукции. В общем виде затраты на ее производство можно представить в следующем виде:

$$Z_{\text{общ}} = Z_{\text{зп}} + Z_{\text{МТА}} + Z_{\text{с}} + Z_{\text{у}} + Z_{\text{сзр}} + Z_{\text{пр}}, \quad (1)$$

где $Z_{\text{зп}}$, $Z_{\text{МТА}}$, $Z_{\text{с}}$, $Z_{\text{у}}$, $Z_{\text{сзр}}$, $Z_{\text{пр}}$ – затраты на заработную плату, эксплуатацию и обслуживание МТА (включая топливо-смазочные материалы), семена, удобрения, средства защиты растений и прочие расходы, соответственно.

Анализ структуры себестоимости производства озимой пшеницы в СПК «Казьминский» Ставропольского края показал, что наибольшая доля затрат приходится на содержание техники и расход топливно-смазочных материалов (ТСМ) – 33... 51% [1]. Велика доля затрат на минеральные удобрения и средства защиты растений 25,2 ... 42% [1], которые формируются и определяются видом возделываемой культуры и регионом в котором они производятся. С точки зрения эксплуатации наибольший интерес представляют средства механизации и их эксплуатационные затраты.

Нами предлагается новый комплексный подход к решению проблемы повышения надежности и эффективности машинно-тракторных агрегатов, с учетом реальных условий, в которых в настоящее время осуществляется производство сельскохозяйственной продукции.

На основе обобщения нескольких исследований, в которых отражен ряд новых подходов к решению проблемы надежности и эффективности технологических процессов [2]. Нами были выбраны следующие направления повышения надежности и эффективности МТА (рисунок 1).

Рисунок 1 – Направления повышения надежности и эффективности МТА

В настоящее время в силу нехватки собственных финансовых средств и недостаточной государственной финансовой поддержки отечественные сельскохозяйственные товаропроизводители не могут обеспечить себя необходимым количеством техники для выполнения сельскохозяйственных работ. В результате этого происходит снижение спроса на новую сельскохозяйственную технику, а нагрузка на имеющуюся постоянно возрастает. За счет увеличения загруженности техники и ее изношенности возрастает потребность в ремонте и, соответственно, в запасных частях. На первый план выходит проблема качества запасных частей.

Анализ исследований за последние годы показал, что количество машин, имеющих отклонения от требований технических условий, составляет 85 – 90 %, среди которых свыше 20 % изготавливаются с нарушениями геометрических размеров [5]. По отдельным группам машин нормативам надежности не соответствуют до 74 % испытанных образцов техники. В село поступают более 40 % бракованных запасных частей.

Остановка МТА для устранения неисправностей при выполнении технологических операций, из-за увеличения продолжительности работы приводит к повышенной нагрузке на другие агрегаты и влечет за собой финансовые убытки. Это связано с изменением состояния обрабатываемой среды (как например, иссушение или увлажнение почвы), что приводит к увеличению расхода топлива, а при уборке урожая к простою зерноуборочных комбайнов из-за неисправностей, к потере производимой продукции.

Проблема качества запасных частей, которые поступают производителям сельскохозяйственной продукции, является очень важной. Например, при выполнении сплошной обработки почвы, выполняемой агрегатом Challenger MT800E LRC+FortschrittP 437, из-за деформации стрельчатых лап (рисунок 2), произошел простой данного агрегата для замены отказавших рабочих органов (12 культиваторных лап).

Рисунок 2 – Новая культиваторная лапа (а) и разогнутая культиваторная лапа (б)

Причиной его стало неправильное конструктивное исполнение основания хвостовика у поставляемых торговыми компаниями культиваторных лап, предложенных вместо оригинальных деталей. После выполненных исследований данных аналогов, выявлено дополнительно к конструктивным отклонениям, что они не соответствовали по твердости материала основы и его режущей кромки. Основными причинами низкого качества таких изделий является отсутствие надлежащего контроля исходного материала, полуфабрикатов и комплектующих изделий у изготовителя, недостаточный контроль качества изготовления, обкатки, испытаний и др.

Согласно зависимости (1), эффективность технологического процесса зависит от расхода топлива. При анализе технического состояния прецизионных деталей, чаще всего используются комплексные показатели. Например, комплексным показателем оценки плунжерных пар является гидравлическая плотность, по которому предусматривается их деление на группы плотности.

Проведенный анализ технического состояния плунжерных пар, поступающих в качестве запасных частей по показателю гидравлической плотности, показал (рисунок 3), что до 86 % поступающих деталей имеют гидравлическую плотность, не превышающую $t = 45,7$ с, при среднем значении 43,4 с и среднем квадратическом отклонении $\sigma = 2,29$ с.. Следовательно, большинство новых плунжерных пар имеют заниженный ресурс работы.

Рисунок 3 – Распределение гидравлической плотности выпускаемых плунжерных пар

При комплектовании ТНВД энергетических средств была проведена оценка технического состояния плунжерных пар по гидравлической плотности, для партии изделий предоставленных ЗАО КПК «Ставропольстройопторг» [6]. Снижение контролируемого показателя приводит к ухудшению топливоподачи и, как следствие, к увеличению общего расхода топлива на не установившихся режимах работы, а также при неполной загрузке двигателя. Полученное распределение свидетельствует о том, что для эффективной работы ТНВД необходимы дополнительные затраты, связанные с перекомпоновкой прецизионных деталей.

Не менее важным направлением повышения надежности и эффективности МТА является установление и при необходимости корректировка параметров выбраковки рабочих органов, которые должны быть связаны с качеством выполняемых операций и условиями эксплуатации. Как показывает практика эксплуатации культиваторных лап, выбраковка их идет после износа «крыльев», в связи с тем, что возникают необработанные участки почвы и не уничтоженные сорняки. Данные критерии требуют уточнения, поскольку износ носовой части рабочих органов почвообрабатывающих орудий (рисунок 4) приводит к более резкому увеличению тягового сопротивления на 28 % [6] и нарушению качества выполняемой технологической операции, чем достижение предельного износа «крыльев». В зависимости от условий эксплуатации, замена таких рабочих органов должна осуществляться по критерию износа носовой части или замене накладного элемента как предложено в [6].

Рисунок 4 – Изношенные стрелчатые культиваторные лапы в сравнении с новыми

Для плунжерных лемехов параметром выбраковки является критичный износ носовой части, износ по длине носовой части, истирание лезвия. Данные критерии на наш взгляд являются не совсем корректными, так как изнашивание носовой части лемеха и появление затылочной фаски сопровождается не только увеличением тягового сопротивления из-за образования ядра уплотнения (рисунок 5), но и выглублением лемеха, приводящем к уменьшению глубины вспашки.

Рисунок 5 – Схема воздействия лезвия лемеха на почву: а – острое лезвие; б – затупленное с затылочной фаской

В рассмотренных примерах, изнашивание рабочих органов почвообрабатывающих машин приводит к резкому уменьшению качества выполняемых операций. При выполнении вспашки с изношенными лемехами коэффициент вариации изменяется до 25% по глубине, а при культивации с изношенными стрелчатыми лапами происходит увеличение тягового сопротивления на 28%.

Для обеспечения надежности и эффективности рабочих органов почвообрабатывающих машин, необходимы отдельные подходы и контроль по выбраковочному показателю деталей.

Анализ уравнения (1) показывает, что существенная доля затрат при производстве продукции приходится на топливо. Как уже было сказано техническое состояние рабочих органов и запасных частей топливной аппаратуры будет оказывать влияние на затраты топлива, но в тоже время немаловажную роль оказывает стоимость используемого топлива. С целью уменьшения стоимости топлива для энергетических средств используются альтернативные источники энергии, имеющие более низкую стоимость, среди которых наибольшее распространение получили следующие виды:

1. Биодизельное топливо на основе растительных масел;
2. Смеси обезвоженных спиртов (этилового, метилового, бутилового) с бензином для двигателей с искровым зажиганием;

3. Диметиловый эфир – топливо для дизелей с хорошими экологическими качествами, полученное синтезом из газа, угля, сланцев;

4. Синтетическое жидкое углеводородное топливо, получаемое по методу Фишера-Тропша из синтез газа (СГ), исходными продуктами для получения которого могут быть биомасса, газ, уголь и сланцы;

5. Компримированный природный газ, сжиженный природный газ.

Наибольшее распространение из альтернативных источников энергии получили компримированный и сжиженный природный газ. Это объясняется тем, что данные виды топлива имеют высокую теплотворную способность и меньшую стоимость. При этом по количеству запасов среди природных ресурсов природный газ является вторым после нефти.

Одним из важных методов повышения надежности МТА в эксплуатации является оперативное управление их надежностью. Производственная эксплуатация является ключевым моментом жизненного цикла любых технических средств. В современных условиях большую значимость приобретает цифровизация, которую можно рассматривать как эффективный способ оперативного управления производственными процессами. Цифровизация транспорта занимает особенную нишу и пользуется все возрастающим спросом не только у транспортных компаний, которые осознают необходимость контроля водителей, чтобы те не отклонялись от маршрута, но и у сельскохозяйственных предприятий, что объясняется возможностями современных систем спутникового мониторинга транспорта [7].

Устройство слежения работает в режиме реального времени с применением режима «черный ящик». При отсутствии GSM связи данные сохраняются в памяти прибора. Память «черного ящика» работает автономно в течение 2-6 месяцев. После появления GSM сигнала система GPS мониторинга автоматически передает данные на телематический сервер. Навигационный терминал позволяет в реальном времени определять местонахождение объекта, а так же передавать данные о скоростных режимах, расходе топлива, оборотах коленчатого вала и т.д. Примером использования данной системы, для контроля показателей МТП, является учебно-опытное хозяйство Ставропольского ГАУ (рисунок 6).

Транспортные работы (трактор МТЗ-80)

Вспашка (трактор JohnDeere 9030)

Посев (трактор NewHolland T9000)

Рисунок 6 – Изменение частоты вращения коленчатого вала при выполнении технологических операций, полученные при помощи спутниковой системы навигации АвтоСкан JPS

Штатные системы цифровизации уже применяются в сельскохозяйственной технике, но количество такой техники в Ставропольском крае не превышает 15 %, в основном эти системы импортного производства. Наиболее полно цифровизация применяется в системах точного земледелия, с использованием спутников, GPS-трекеров и т.д.

Система слежения за транспортом представляет собой электронный прибор, с подключаемыми к нему датчиками, которые устанавливаются на каждую единицу контролируемого транспорта. Система использует GSM-модем для обмена данными и систему GPS-навигации для определения координат. Наблюдать за движением ваших транспортных средств можно с компьютера, имеющего доступ в Интернет.

Наиболее точный способ передачи поправок подразумевает наличие отдельного приемника – диспетчерской службы. Диспетчерская служба получает данные в режиме реального времени. Получая данные, диспетчер имеет возможность вносить коррективы в работу техники, например, перенаправляя технику с более изношенными деталями на выполнение технологических операций требующих большей загрузки двигателя, с целью снижения общего расхода топлива.

На основании выполненного анализа, учет критериев расхода топлива на различных режимах работы, установление параметров выбраковки рабочих органов, разработка средств контроля с возможностью их централизованной передачи и цифровизации, позволили представить математическую зависимость в следующем виде:

$$G_{\text{общ}} = G_n \cdot T_{\text{общ}} [k_{\text{рх}} \cdot \tau_{\text{рх}} (1 + \delta_{\text{рх}}) + k_{\text{хх}} \cdot \tau_{\text{хх}} (1 + \delta_{\text{хх}}) + k_o \cdot \tau_o (1 + \delta_o) + k_{\text{п}} \cdot \tau_{\text{п}} (1 + \delta_{\text{п}})] \quad (2)$$

где G_n – номинальный расход топлива; $T_{\text{общ}}$ – общее время работы;

$k_{\text{рх}}, k_{\text{хх}}, k_o, k_{\text{п}}$ – коэффициент, учитывающий отношение расхода топлива соответственно при рабочем, холостом ходе, остановках и переездах к расходу топлива при номинальных оборотах;

$\delta_{\text{рх}}, \delta_{\text{хх}}, \delta_o, \delta_{\text{п}}$ – неравномерность подачи топлива соответственно при рабочем, холостом ходе, остановках и переездах, обусловленная режимами работы двигателей и техническим состоянием запасных частей топливной аппаратуры;

$\tau_{\text{рх}}, \tau_{\text{хх}}, \tau_o, \tau_{\text{п}}$ – коэффициент, учитывающий период работы МТА соответственно при рабочем, холостом ходе, остановках и переездах от общего времени выполнения операции.

Выводы. Предлагаемый подход к повышению надежности и эффективности МТА позволил реализовать метод повышения гидравлической плотности плунжерных пар, за счет нанесения тонкопленочного покрытия. После нанесения тонкопленочного покрытия на рабочие поверхности новых плунжерных пар распределение гидравлической плотности изменилось таким образом, что 82% экспериментальных плунжерных пар имеют гидравлическую плотность, превышающую $t = 45,7$ с. Реализация метода входного контроля и перекомплектация обеспечили Неравномерность топливоподачи по секциям при различных режимах работы колеблется в пределах 1,2...1,5%. Контроль качества почвообрабатывающих машин по критериям соответствия заявленным требованиям дает возможность сэкономить 5...6% на каждом рабочем органе. Реализация направления параметров выбраковки на примере процесса культивации дала возможность установить, что износ носовой части одной культиваторной лапы на 30...40 мм приводит к увеличению тягового сопротивления до 28%. Реализация направления альтернативные источники энергии на примере КПП позволила снизить затраты на выполнение технологических операций до 43%. Реализация метода цифровизации позволяет своевременно определить необходимость замены не только рабочих органов, но и установить причины до срочного проведения ремонта МТА. Предложенная зависимость общего расхода топлива (2) при использовании систем спутниковой навигации, может представлять собой комплексный критерий оценки надежности и эффективности МТА при выполнении технологических операций, и служить инструментом для цифрового оперативного управления надежностью и эффективностью производственных процессов в сельскохозяйственных предприятиях.

Список литературы

1. Лебедев А.Т. Ресурсосберегающие направления повышения надежности и эффективности технологических процессов в АПК: Монография. – Ставрополь, 2012. – 376 с.
2. Лебедев А.Т. Оценка технических средств при их выборе: Монография. – Ставрополь, 2011. – 124 с.
3. Лебедев А.Т., Лебедев П. А. Повышение эффективности дизельной топливной аппаратуры // Тракторы и сельхозмашины. – 2011. – № 7. – С. 43-45.
4. Липкович И.Э. Механико-эргономическое обоснование человекомашинных систем в агроинженерной сфере растениеводства [Текст] / Липкович И.Э. Диссертация на соискание ученой степени доктора технических наук / Азово-Черноморская государственная агроинженерная академия. Зерноград, 2004
5. Дорохов А.С. Повышение эффективности входного контроля качества запасных частей и сельскохозяйственной техники [Текст] / Дорохов А.С. Диссертация на соискание ученой степени доктора технических наук / Московский государственный агроинженерный университет имени В.П. Горячкина. Москва, 2011
6. Лебедев А.Т., Захарин А.В., Лебедев П.А., Павлюк Р.В., Марьин Н.А. Расход топлива при выполнении технологических операций // Наука в центральной России. – 2017. – № 5 (29). – С. 83-91.
7. Труфляк Е.В., Курченко Н.Ю., Креймер А.С. Точное земледелие: состояние и перспективы – Краснодар : КубГАУ, 2018. – 27 с.

References

1. Lebedev A.T. Resursosberegayushchie napravleniya povysheniya nadezhnosti i effektivnosti tekhnologicheskikh processov v APK: Monografiya. – Stavropol', 2012. – 376 s.
2. Lebedev A.T. Ocenka tekhnicheskikh sredstv pri ih vybore: Monografiya. – Stavropol', 2011. – 124 s.
3. Lebedev A.T., Lebedev P. A. Povyshenie effektivnosti dizel'noj toplivnoj apparatury // Traktory i sel'hozmashiny. – 2011. – № 7. – S. 43-45.
4. Lipkovich I.E. Mekhaniko-ergonomicheskoe obosnovanie chelovekomashinnykh sistem v agroinzhenernoj sfere rastenievodstva [Tekst] / Lipkovich I.E. Dissertatsiya na soiskanie uchenoj stepeni doktora tekhnicheskikh nauk / Azovo-CHernomorskaya gosudarstvennaya agroinzhenernaya akademiya. Zernograd, 2004
5. Dorohov A.S. Povyshenie effektivnosti vhodnogo kontrolya kachestva zapasnykh chastej i sel'skohozyajstvennoj tekhniki [Tekst] / Dorohov A.S. Dissertatsiya na soiskanie uchenoj stepenidoktora tekhnicheskikh nauk / Moskovskij gosudarstvennyj agroinzhenernyj universitet imeni V.P. Goryachkina. Moskva, 2011
6. Lebedev A.T., Zaharin A.V., Lebedev P.A., Pavlyuk R.V., Mar'in N.A. Raskhod topliva pri vypolnenii tekhnologicheskikh operacij // Nauka v central'noj Rossii. – 2017. – № 5 (29). – S. 83-91
7. Truflyak E.V., Kurchenko N.YU., Krejmer A.S. Tochnoe zemledelie: sostoyanie i perspektivy – Krasnodar : KubGAU, 2018. – 27 s.

Сведения об авторах**Принадлежность к организации**

Лебедев Павел Анатольевич – кандидат технических наук, доцент Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Ставропольский государственный аграрный университет», Россия, г. Ставрополь, e-mail: zoya_lebedeva@mail.ru.

Author credentials**Affiliations**

Lebedev Pavel – Candidate of Technical Sciences, Associate Professor of Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education “Stavropol State Agrarian University”, Russia, Stavropol, e-mail: zoya_lebedeva@mail.ru.

Поступила в редакцию (Received): 15.11.2019 Принята к публикации (Accepted): 16.12.2019