

ПРОЦЕССЫ И МАШИНЫ АГРОИНЖЕНЕРНЫХ СИСТЕМ

УДК 631.171
DOI: 10.53083/1996-4277-2026-262-8-65-72

С.Ю. Журавлев
S.Yu. Zhuravlev

СОВРЕМЕННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ РЕСУРСНОЙ ДИАГНОСТИКИ И КОНТРОЛЯ ТЕХНИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОЙ ТЕХНИКИ

MODERN TECHNOLOGIES OF SERVICE LIFE DIAGNOSTICS AND MONITORING OF TECHNICAL CONDITION OF AGRICULTURAL MACHINERY

Ключевые слова: ресурсная диагностика, контроль технического состояния, цифровые технологии, сельскохозяйственная техника.

Проведен анализ существующих методов и технологий диагностирования технического состояния сельскохозяйственной техники, а также основных направлений их дальнейшего совершенствования. Объектом исследований являются современные методики и инструменты для диагностирования и контроля ресурса составных частей машин и оборудования АПК. Цель исследований – анализ научных и практических разработок в области диагностики и контроля технического состояния машин с применением технологий искусственного интеллекта. Материалы исследований: публикации в области разработки и применения различных современных технологий и средств ресурсной диагностики и контроля технического состояния машин в онлайн-режиме. Современные средства механизации сельхозпроизводства являются дорогостоящими и сложными по конструкции машинами. Обеспечение их работоспособного состояния требует использования нового поколения средств диагностики, обслуживания и ремонта для эффективного решения задачи снижения затрат на непредусмотренные простои для устранения последствий отказов. Применение технологий онлайн-диагностики технического состояния позволит повысить производительность машин и снизить эксплуатационные затраты. В последнее время в технологии диагностики достаточно интенсивно внедряются инструменты искусственного интеллекта. Эти цифровые технологии позволяют создавать системы, основанные, в том числе, на применении нейронных сетей, которые способны самостоятельно обучаться на основе анализа больших

объемов данных и, кроме того, предсказывать возможные неисправности с использованием накопленных баз данных. Такие системы могут значительно снизить затраты на выполнение технического обслуживания и ремонта.

Keywords: service life diagnostics, technical condition control, digital technologies, agricultural machinery.

The existing methods and technologies for diagnosing the technical condition of agricultural machinery and the main directions for their further improvement are discussed. The research targets are the modern methods and tools for diagnosing and monitoring the service life of agricultural machinery and equipment components. The research goal is to analyze scientific and practical developments in the field of diagnostics and control of the technical condition of machinery by using artificial intelligence technologies. The research materials included publications in the field of development and application of various modern technologies and tools for service life diagnostics and monitoring of the technical condition of machines online. Modern means of mechanization of agricultural production are expensive and complex in terms of their designs. Ensuring their operational status requires the use of a new generation of diagnostics, maintenance and repair tools to effectively solve the problem of reducing the cost of unforeseen downtime to eliminate the consequences of failures. The use of online condition diagnostics technologies will increase machine performance and reduce operating costs. Recently, artificial intelligence tools have been introduced quite intensively in diagnostic technology. These digital technologies make it possible to create systems based, among other things, on the use of neural networks that are able to independently learn from

the analysis of large amounts of data and, in addition, predict possible malfunctions using accumulated data-

bases. Such systems may significantly reduce maintenance and repair costs.

Журавлев Сергей Юрьевич, к.т.н., доцент, ФГБОУ ВО Красноярский ГАУ, г. Красноярск, Российская Федерация, e-mail: sergeig1961@mail.ru.

Zhuravlev Sergey Yurevich, Cand. Tech. Sci., Assoc. Prof., Krasnoyarsk State Agricultural University, Krasnoyarsk, Russian Federation, e-mail: sergeig1961@mail.ru.

Введение

Современные средства механизации сельскохозяйственного производства являются дорогостоящими и сложными по конструкции машинами. Обеспечение их работоспособного состояния требует использования нового поколения средств диагностики, обслуживания и ремонта для эффективного решения задачи снижения затрат на непредусмотренные простои для устранения последствий отказов. Применение технологий онлайн-диагностики технического состояния позволит повысить производительность машин и снизить эксплуатационные затраты.

Исходя из вышесказанного можно утверждать, что наиболее перспективными, отвечающими современным тенденциям цифровизации всех составляющих производственного процесса в АПК, являются интеллектуальные технологии технического сервиса, включая диагностику, обслуживание и ремонт сельскохозяйственных машин в рамках системы, включающей предприятия технического сервиса и потребителей машин и оборудования.

Технологии технического сервиса, использующие инструменты искусственного интеллекта (ИИ), могут выполнять следующие функции:

- планирование объёма работ по техсервису машин предприятия АПК;
- сбор данных по объёму и видам выполненных работ, по расходу запасных частей и материалов;
- оперативное использование баз данных при выполнении операций диагностики, обслуживания и ремонта;
- более эффективное установление параметров текущего технического состояния и остаточного ресурса машин [1].

Объект и материалы исследований

Объектом исследований являются современные методики и инструменты для диагностирования и контроля ресурса составных частей машин и оборудования АПК. **Цель** исследований – анализ научных и практических разработок в области диагностики и контроля технического

состояния машин с применением технологий искусственного интеллекта. Материалы исследований: публикации в области разработки и применения различных современных технологий и средств ресурсной диагностики и контроля технического состояния машин в онлайн-режиме.

Результаты исследований

Средства механизации АПК в настоящее время имеют высокий уровень автоматизации для выполнения производственных процессов сельскохозяйственного производства за счёт наличия сложных конструктивных элементов, функционирующих на основе применения средств цифровизации. Поэтому применение соответствующих средств диагностики особенно важно для максимального исключения простоев техники в напряжённые периоды полевых работ, приводящих к нарушению технологического процесса.

С целью разработки современных методов и средств диагностики на основе ИИ проведен определенный объём научных исследований, по результатам которых можно говорить об актуальности разработки современных средств диагностики, в том числе способных получать данные в режиме реального времени на основе применения возможностей искусственного интеллекта. Цифровые технологии диагностирования дают возможность осуществлять удалённый контроль параметров работы машин, что позволяет максимально исключать их эксплуатацию в недопустимых режимах [2, 3].

Комплексная диагностика, основанная на сочетании традиционных методов диагностики и диагностирования на основе интеллектуальных технологий, является одним из перспективных направлений в области диагностики технического состояния техники. Совместное комбинирование различных методик диагностики даёт возможность решать широкий круг задач диагностирования. Комплексные методы диагностики технического состояния машин и оборудования обладают высокой точностью определения диагностических параметров, универсально-

стью, заключающейся в возможности диагностирования различных типов машин за счёт использования, в том числе технологий интернета вещей [4].

Совершенствование и дальнейшее применение методов комплексной диагностики опирается кроме прочего на формирование диагностического кодирования с целью приведения большого объёма данных диагностики в единую систему, что позволит более эффективно устанавливать периоды, к моменту наступления которых составные части машин переходят в неисправное состояние. Таким образом можно получить максимальное снижение затрат на обслуживание и ремонт [5].

Современные образцы сельскохозяйственной техники предполагают широкое применение технологий компьютерной диагностики, включая внешние или дистанционные методы диагностики. Технологии удаленной диагностики предназначены для решения задач различной степени сложности. Эти методы основаны на использовании встроенных диагностических датчиков. К существенным достоинствам этого вида диагностики относится то, что в процессе использования машин по назначению информация об их техническом состоянии поступает в режиме постоянного получения сигнала.

Развитие технологий компьютерной диагностики приводит к тому, что увеличивается количество узлов и деталей машин, доступных для снятия данных о состоянии параметров их работы, что дает возможность оперативно оценить общее техническое состояние машины и провести своевременные и качественные обслуживание и ремонт [6].

Рассматривается диагностический комплекс, функционирующий с применением программного средства на основе нейронных сетей [7]. Данный комплекс предназначен для сбора данных, поступающих с диагностических датчиков, дальнейшего анализа результатов дистанционной диагностики и прогнозирования производственного процесса эксплуатации техники.

Центральный процессор диагностического комплекса управляет другими вспомогательными процессами, отвечающими за сбор данных диагностики с участием сервера базы данных и их обработки с помощью нейронной сети. Нейронная сеть в процессе так называемого самообучения при обработке данных, которые накапливаются в базе, способна принимать ре-

шения о дальнейших действиях обслуживающего персонала [7].

В работе [8] представлен метод диагностики двигателя для дальнейшего прогнозирования вероятности возникновения отказов. Этот метод основан на использовании ИИ на базе нейросети. Диагностический комплекс получает данные о работе составных частей двигателя с датчиков, передаёт их на сервер комплекса для дальнейшей обработки с помощью нейронной сети. По результатам обработки полученных диагностических параметров устанавливается остаточный ресурс узлов и деталей ДВС, а также их ожидаемые отказы. Кроме того, по результатам прогнозирования износа и отказов ДВС возможно своевременное планирование проведения необходимого объёма работ по ТО и ремонту.

Использование цифровых технологий в представленном комплексе позволяет с высокой степенью вероятности контролировать процесс износа деталей двигателя, что даёт возможность своевременно обнаружить критические изменения параметров работы двигателя и принять необходимые меры для устранения последствий износа. Применение аналогичных рассмотренному комплексу удаленных диагностических средств позволяет контролировать показатели надёжности двигателя и других важнейших агрегатов машин в процессе эксплуатации [8].

Благодаря способности самообучения при обработке данных, нейронные сети могут выявлять закономерности изменения технического состояния машин и принимать решения в области организации технической эксплуатации техники путём обоснования стратегии проведения ТО и ремонта. При этом нет необходимости использовать сложные расчётные методики для планирования видов и объёмов работ по ТО [9].

Программный комплекс, работающий на основе ИИ и предназначенный для анализа вида и последствий отказов с целью последующего управления техническим состоянием сельскохозяйственной техники, разработан в Федеральном научном агроинженерном центре ВИМ [10]. Комплекс способен с помощью цифровых инструментов выполнять работы по сбору данных и контролю нагрузки на составные части машин в процессе их работы, также он использует бортовые средства диагностики для прогнозирования уровня технического состояния агрегатов техники. В составе диагностического комплекса

предложено к использованию устройство для контроля технического состояния механических коробок передач без разрыва потока мощности. В процессе контроля состояния КПП трактора оператору программного диагностического комплекса на монитор поступают данные о техническом состоянии КПП и последующие рекомендации по выбору режимов загрузки трактора, информация о проведении необходимого в данный момент обслуживания трактора. Кроме того, на щитке приборов машины устанавливается индикатор аварийного сигнала, предупреждающий тракториста о превышении выше нормы контролируемых параметров.

Программное обеспечение устройства для контроля технического состояния КПП использует нейросеть, благодаря этому оперативно отслеживаются аварийные режимы работы. С помощью данных о текущем техническом состоянии машины можно планировать её обслуживание и ремонт, исходя из положений стратегии технического сервиса по состоянию с возможным сокращением затрат на сервисные работы [10].

В работе [3] представлен ещё один дистанционный диагностический комплекс удаленного контроля технического состояния и различных показателей работы сельскохозяйственных машин. Данный комплекс способен получать, обрабатывать данные с датчиков, установленных на машине. В состав комплекса входят диспетчерский сервер и средства для спутниковой связи с контролируемой машиной.

Диагностический комплекс выполняет следующие операции: обеспечивает постоянный контроль технического состояния и эксплуатационных параметров работы машин; контролирует работу систем машинно-тракторного агрегата; передает данные о качестве работы рабочих органов сельхозорудия; фиксирует хронологические данные о передвижении и местонахождении агрегата с использованием спутниковой связи; формирует базу данных о количестве выполненной работы, об урожайности культур, о расходе удобрений; осуществляет контроль функционирования системы: потребители машин – специалисты по ТС и контроль качества работы МТА с информированием об имеющихся отклонениях от заданных параметров его работы.

Представленный дистанционный комплекс контроля параметров технического состояния

машинно-тракторного агрегата может использоваться для обработки и анализа данных нейронную сеть. Данное кибернетическое средство, как отмечалось ранее, благодаря своим уникальным возможностям, может эффективно и оперативно решать задачи диагностики с использованием датчиков, установленных на сельскохозяйственном мобильном агрегате [3].

В работе [11] рассмотрено цифровое средство для диагностики сельскохозяйственной техники, которое по своим возможностям аналогично рассмотренным выше дистанционным диагностическим системам. Данный аппаратный комплекс также способен получать и обрабатывать информацию в онлайн-режиме с помощью нейронной сети. Рассмотрены методика сбора, накопления и хранения информации о результатах онлайн-диагностики технического состояния техники и методика обработки этих данных с помощью математической модели, использующей возможности нейронной сети [12].

Высокая стоимость приобретения и лицензирования зарубежных программных средств создают существенные трудности для их освоения обычными пользователями, например, владельцами небольших сельхозпредприятий. Всё более актуально создание отечественного диагностического и сервисного программного обеспечения, учитывающего различные российские зональные условия эксплуатации тракторов и других сельскохозяйственных машин и доступного для среднестатистического пользователя.

Адаптированное к особенностям сельскохозяйственного производства отечественное программное средство, разработанное на базе языка программирования Пайтон, позволит повысить эффективность технического обслуживания тракторов [12].

Данное программное средство, предназначенное, прежде всего, для контроля технического состояния современных тракторов «Кировец», позволяет с высокими точностью и скоростью проводить диагностику агрегатов трактора с целью прогнозирования неисправностей и планирования своевременного технического обслуживания и ремонта. Программное обеспечение диагностики тракторов Кировец опирается на современные подходы к разработке подобного продукта и соответствует требованиям российских и зарубежных стандартов в области ресурсной диагностики.

С помощью программного средства можно диагностировать двигатель, трансмиссию, гидравлическую систему, электрооборудование трактора. При прогнозировании неисправностей используется метод экспертных оценок, который позволяет эффективно отслеживать неисправности, повышает точность получения диагностических данных, сокращает время на обслуживание и ремонт за счёт оптимизации необходимых технологических операций [13].

Программное обеспечение может применяться для диагностики тракторов, оснащенных цифровой сетью обмена данными, совмещенной с диагностическими протоколами кодов ошибок. Точность результатов диагностирования зависит от состояния машины и условий её эксплуатации. Для работы с программным диагностическим комплексом требуется участие подготовленного обслуживающего персонала, имеющего опыт работы с программными средствами на основе ИИ.

В Федеральном научном агроинженерном центре ВИМ для получения оперативной информации о техническом состоянии техники разработана экспериментальная установка для дистанционного контроля параметров текущего технического состояния трактора [13]. В комплект установки входят датчик температуры выхлопных газов трактора, 2 датчика контроля температуры масла в ГСТ трактора, 4 датчика для определения частоты вращения колёс трактора. Эти датчики передают онлайн большой объём информации о техническом состоянии важнейших агрегатов трактора.

Диагностическая установка по своему назначению аналогична представленным ранее и предназначена для контроля технического состояния трактора в рядовых условиях эксплуатации. Результаты анализа накопленных данных о работе различных деталей агрегатов трактора используются для определения закономерностей распределения ресурса и расчёта таких показателей надёжности, как вероятность безотказной работы, средний ресурс деталей, частота отказов в установленные периоды наработки [13].

В работе [14] автор на основе изучения актуальности применения интернета вещей при создании дистанционного диагностического комплекса, включающего необходимые программные средства и устройства для использования в

процессе онлайн-диагностики возможностей ИИ, обосновал необходимость создания отечественного средства контроля использования сельскохозяйственной техники для повышения эффективности её работы и снижения стоимости технического сервиса. В качестве такого диагностического комплекса представлена разработанная онлайн-система контроля и анализа работы сельхозтехники «Агротрек».

Онлайн-система «Агротек» предназначена для осуществления дистанционного слежения за геолокацией и текущим техническим состоянием машин, для контроля допуска оператора техники, установления оптимальных параметров эксплуатации машинно-тракторного парка сельхозпроизводителей. Работающий на основе системы интернета вещей аналитический комплекс «Агротек» решает ряд важнейших для современного сельскохозяйственного производства задач:

- контроль параметров системы с помощью цифровых сенсоров, камерных систем, модулей радиоидентификации объекта, навигационных устройств слежения;

- сбор диагностических данных для прогнозирования жизненного цикла машин и оборудования с целью минимизации незапланированных простоев;

- сбор статистических данных с использованием адаптированного к изменяющимся условиям анализа и прогнозирования с целью автоматизации процессов управления сельхозпроизводства;

- поддержка связи с общей цифровой средой агропроизводства для доступа к информации, содержащейся в облачных системах.

С помощью платформы «Агротек» могут решаться такие ответственные задачи в области применения системы машин АПК, как мониторинг состояния машин предприятия и управление производственным процессом их использования за счёт контроля наработки, геолокации, расхода ГСМ, интервалов проведения ТО. В результате формируется база данных для управления МТП предприятия, внедряется методика технического обслуживания, основанного на постоянном контроле технического состояния машины, устанавливаются рациональная загрузка и логистика перемещения машин в период проведения полевых работ [14].

Выводы

В последнее время в технологии диагностики достаточно интенсивно внедряются инструменты искусственного интеллекта. Эти цифровые технологии позволяют создавать системы, основанные, в том числе, на применении нейронных сетей, которые способны самостоятельно обучаться на основе анализа больших объёмов данных и, кроме того, предсказывать возможные неисправности с использованием накопленных баз данных. Такие системы могут значительно снизить затраты на выполнение технического обслуживания и ремонта.

Современные способы диагностики, такие как диагностика с применением компьютерных технологий, включая использование инновационного диагностического оборудования, способствуют более высокой степени точности данных о диагностических параметрах и, кроме того, дают возможность своевременно предупредить возникновение отказов. При этом по-прежнему очень важна роль традиционных методов диагностики, которые могут быть эффективно использованы совместно с современными технологиями.

Библиографический список

1. Журавлев, С. Ю. Совершенствование методов и технологий технического сервиса сельскохозяйственной техники / С. Ю. Журавлев. – DOI 10.53083/1996-4277-2025-245-3-72-80. – Текст: непосредственный // Вестник Алтайского государственного аграрного университета. – 2025. – № 3 (245). – С. 72-80.
2. Совершенствование мониторинга системы «Человек-машина-среда» и правил эксплуатации для повышения эксплуатационной надежности тракторов / Н. А. Петрицев, М. Н. Костомахин, А. С. Саяпин, И. Б. Ивлева. – DOI 10.22314/2618-8287-2020-58-3-12-20. – Текст: непосредственный // Технический сервис машин. – 2020. – № 3 (140). – С. 12-20.
3. Ерохин, М. Н. Интеллектуальная система диагностирования параметров технического состояния сельскохозяйственной техники / М. Н. Ерохин, А. С. Дорохов, Ю. В. Катаев. – DOI 10.26897/2687-1149-2021-2-45-50. – Текст: непосредственный // Агроинженерия. – 2021. – № 2 (102). – С. 45-50.
4. Кузнецова, Э. В. Прогнозирование технического состояния тракторов сельскохозяйственного назначения в полевых условиях / Э. В. Кузнецова, И. А. Юхин, А. А. Горохов. – Текст: непосредственный // Инновации и инвестиции. – 2024. – № 12. – С. 395-400. – EDN CTRKUV.
5. Совершенствование диагностирования тракторов агропромышленного комплекса / Э. В. Кузнецова, И. А. Успенский, И. А. Юхин, А. А. Горохов. – Текст: электронный // Вестник Рязанского государственного агротехнологического университета имени П. А. Костычева. – 2025. – Т. 17, № 1. – С. 135-142. – URL: <https://doi.org/10.36508/RSATU.2025.84.61.019>.
6. Совершенствование методов диагностики сельскохозяйственной техники / Л. А. Новопашин, Л. В. Денежко, Ю. В. Панков [и др.]. – Текст: непосредственный // Аграрное образование и наука. – 2018. – № 2. – С. 17. – EDN XUVNOH.
7. Костомахин, М. Н. Программный комплекс для дистанционного контроля узлов и агрегатов / М. Н. Костомахин, Е. В. Пестряков. – DOI 10.22314/2073-7599-2022-16-4-19-25. – Текст: непосредственный // Сельскохозяйственные машины и технологии. – 2022. – Т. 16, № 4. – С. 19-25. – EDN OMXDIQ.
8. Прогнозирование отказов в двигателях сельскохозяйственной техники с применением цифровых технологий / Ю. В. Катаев, М. Г. Загоруйко, И. А. Тишанинов, Е. А. Градов. – Текст: электронный // Аграрный научный журнал. – 2022. – № 2. – С. 79-82. – URL: <http://dx.doi.org/10.28983/asj.y2022i2pp79-82>.
9. Федоренко, В. Ф. Цифровые беспроводные технологии для оценки показателей сельскохозяйственной техники / В. Ф. Федоренко, В. Е. Таркинский. – DOI 10.22314/2073-7599-2020-14-1-10-15. – Текст: непосредственный // Сельскохозяйственные машины и технологии. – 2020. – Т. 14, № 1. – С. 10-15.
10. Управление техническим состоянием сельскохозяйственной техники с применением цифровых технологий / А. С. Дорохов, Ю. В. Катаев, М. Н. Костомахин [и др.]. – DOI 10.31857/S2500262724050102. – Текст: непосредственный // Российская сельскохозяйственная наука. – 2024. – № 5. – С. 51-56. – EDN SINBGB.
11. Катаев, Ю. В. Применение цифровых технологий при диагностировании двигателей энергонасыщенной сельскохозяйственной техники / Ю. В. Катаев, И. А. Тишанинов. – Текст: электронный // Агроинженерия. – 2023. – Т. 25, № 4.

– С. 52-59. – URL: <https://doi.org/10.26897/2687-1149-2023-4-52-59>.

12. Москвичев, Д. А. Оптимизация диагностирования узлов и агрегатов тракторов Кировец К-742М с помощью программы ЭВМ на языке программирования Python / Д. А. Москвичев. – Текст: электронный // *Агроинженерия*. – 2025. – Т. 27, № 4. – С. 54-60. – URL: <https://doi.org/10.26897/2687-1149-2025-4-54-60>.

13. Экспериментальная система дистанционного мониторинга технического состояния узлов и агрегатов трактора / М. Н. Костомахин, Н. А. Петрищев, А. Н. Воронов, А. С. Саяпин. – Текст: электронный // *Техническое и кадровое обеспечение инновационных технологий в сельском хозяйстве: в 2 частях: материалы Международной научно-практической конференции, Минск, 24-25 октября 2019 года*. – Минск: БГАТУ, 2019. – Ч. 2. – С. 30-35. – URL: <https://rep.bsatu./handle/doc/13802>.

14. Гончаров, Р. Д. Перспективы применения IoT-технологий в мониторинге сельскохозяйственной техники: разработка и апробация платформы «Агротрек» / Р. Д. Гончаров. – Текст: непосредственный // *Вестник Омского государственного аграрного университета*. – 2025. – № 3 (59). – С. 92-101.

References

1. Zhuravlev S.Yu. Sovershenstvovanie metodov i tekhnologiy tekhnicheskogo servisa sel'skokhozyaystvennoy tekhniki // *Vestnik Altayskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta*. 2025. No. 3 (245). S. 72-80. DOI: 10.53083/1996-4277-2025-245-3-72-80.

2. Petrishchev N.A., Kostomakhin M.N., Sayapin A.S., Ivleva I.B. Sovershenstvovanie monitoringa sistemy "Chelovek–mashina–sreda" i pravil ekspluatatsii dlya povysheniya ekspluatatsionnoy nadezhnosti traktorov // *Tekhnicheskii servis mashin*. 2020. No. 3 (140). S. 12-20. DOI: 10.22314/2618-8287-2020-58-3-12-20.

3. Erokhin M.N., Dorokhov A.S., Kataev Yu.V. Intellekturnaya sistema diagnostirovaniya parametrov tekhnicheskogo sostoyaniya sel'skokhozyaystvennoy tekhniki // *Agroinzheneriya*. 2021. No. 2 (102). S. 45-50. DOI: 10.26897/2687-1149-2021-2-45-50.

4. Kuznetsova, E. V. Prognozirovanie tekhnicheskogo sostoyaniya traktorov sel'skokhozyaystvennogo naznacheniya v polevykh usloviyakh / E. V. Kuznetsova, I. A. Yukhin, A. A. Gorokhov //

Innovatsii i investitsii. – 2024. – No. 12. – S. 395-400.

5. Kuznetsova E.V., Uspenskiy I.A., Yukhin I.A., Gorokhov A.A. Sovershenstvovanie diagnostirovaniya traktorov agropromyshlennogo kompleksa // *Vestnik Ryazanskogo gosudarstvennogo agrotekhnologicheskogo universiteta imeni P.A. Kostycheva*. 2025, T.17, No. 1. S. 135-142 <https://doi.org/10.36508/RSATU.2025.84.61.019>.

6. Novopashin L.A., Denezhko L.V., Pankov Yu.V., Potetnya K.M., Sadov A.A., Minukhin L.A. Sovershenstvovanie metodov diagnostiki sel'skokhozyaystvennoy tekhniki // *Agrarnoe obrazovanie i nauka*. 2018. No. 2. S. 17.

7. Kostomakhin M.N., Pestryakov E.V. Programmnyy kompleks dlya distantsionnogo kontrolya uzlov i agregatov // *Sel'skokhozyaystvennyye mashiny i tekhnologii*. 2022. T. 16. No. 4. S. 19-25. DOI 10.22314/2073-7599-2022-16-4-19-25.

8. Kataev Yu.V., Zagoruyko M.G., Tishaninov I.A., Gradov E.A. Prognozirovanie otkazov v dvigatelyakh sel'skokhozyaystvennoy tekhniki s primeneniem tsifrovyykh tekhnologiy // *Agrarnyy nauchnyy zhurnal*. 2022. No. 2. S. 79–82. <http://dx.doi.org/10.28983/asj.y2022i2pp79-82>.

9. Fedorenko V. F., Tarkivskiy V. E. Tsifrovye besprovodnye tekhnologii dlya otsenki pokazateley sel'skokhozyaystvennoy tekhniki // *Sel'skokhozyaystvennyye mashiny i tekhnologii*. 2020. T. 14. No. 1. S. 10–15. DOI: 10.22314/2073-7599-2020-14-1-10-15.

10. Dorokhov A.S., Kataev Yu.V., Kostomakhin M.N., Petrishchev N.A., Pestryakov E.V., Sayapin A.S. Upravlenie tekhnicheskim sostoyaniem sel'skokhozyaystvennoy tekhniki s primeneniem tsifrovyykh tekhnologiy // *Rossiyskaya sel'skokhozyaystvennaya nauka*. 2024. No. 5. S. 51-56. DOI 10.31857/S2500262724050102.

11. Kataev Yu.V., Tishaninov I.A. Primenenie tsifrovyykh tekhnologiy pri diagnostirovanii dvigateley energonasyshchennoy sel'skokhozyaystvennoy tekhniki // *Agroinzheneriya*. 2023. T. 25. No. 4. S. 52-59. <https://doi.org/10.26897/2687-1149-2023-4-52-59>.

12. Moskvichev D.A. Optimizatsiya diagnostirovaniya uzlov i agregatov traktorov Kirovets K-742M s pomoshchyu programmy EVM na yazyke programmirovaniya Python // *Agroinzheneriya*. 2025. T. 27. No. 4. S. 54-60. <https://doi.org/10.26897/2687-1149-2025-4-54-60>.

13. Kostomakhin M.N., Petrishchev N.A., Voronov A.N., Sayapin A.S. Eksperimentalnaya sistema

distantionnogo monitoringa tekhnicheskogo sostoyaniya uzlov i agregatov traktora // Tekhnicheskoe i kadrovoe obespechenie innovatsionnykh tekhnologiy v selskom khozyaystve: materialy Mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii, Minsk, 24-25 oktyabrya 2019 g.: v 2 ch.

Ch. 2. – Minsk: BGATU, 2019. – S. 30-35. <https://rep.bsatu./handle/doc/13802>.

14. Goncharov R.D. Perspektivy primeneniya IoT-tekhnologiy v monitoringe selskokhozyaystvennoy tekhniki: razrabotka i aprobatsiya platformy "Agrotrek" // Vestnik Omskogo GAU. 2025. No. 3 (59). S. 92–101.



УДК 631.354.2.076

DOI: 10.53083/1996-4277-2026-262-8-72-80

Д.С. Котенко, А.Н. Панасюк, А.В. Липкань

D.S. Kotenko, A.N. Panasyuk, A.V. Lipkan

РЕЗЕРВИРОВАНИЕ МОЩНОСТИ ЗЕРНОУБОРОЧНОГО КОМБАЙНА НА УБОРКЕ СОИ В УСЛОВИЯХ АМУРСКОЙ ОБЛАСТИ

RESERVATION OF A GRAIN HARVESTER POWER FOR SOYBEAN HARVESTING IN THE AMUR REGION

Ключевые слова: зерноуборочный комбайн, мощностной баланс, соя, резервный источник питания, воздушно-решетная очистка.

В условиях повышенной влажности почвы снижается её несущая способность, повышается липкость почв, что ведёт к росту энергетических затрат на передвижение колесных комбайнов при уборке сои. Расчетно-аналитическим методом установлен недостаток мощности штатной энергетической установки зерноуборочных комбайнов в Амурской области, применяемых для выполнения уборочного процесса при рекомендуемых для уборки сои рабочих скоростях 7,2-9 км/ч. Из-за снижения коэффициента сцепления при влажности почвы 24-26% и роста затрат на передвижение уборку сои колесными комбайнами приходится останавливать. Проведенными расчетами мощностного баланса выявлен дефицит мощности на осуществление уборочного процесса в диапазоне 4,9-24,4 кВт у 92% комбайнового парка. В связи с этим исследования, направленные на резервирование мощности на передвижение зерноуборочного комбайна, являются актуальными. Для решения проблемы предложен способ компенсации недостатка мощности путем установки дополнительного источника резервной мощности с блоком управления электромагнитными муфтами и оборотами электродвигателя в качестве привода воздушно-решетной очистки, включаемых в работу на участках поля с повышенной влажностью. Для проверки предложенного способа резервирования и перераспределения потока мощности на движители комбайна проведены лабораторные и полевые испытания модернизированного комбайна. Полевые испытания проведены на опытном поле Федерального научного центра

«Всероссийский научно-исследовательский институт сои», с. Садовое Амурской области, при влажности почвы 26% на сорте сои Сентябринка, рабочая передача – 2-я, полный вариатор. Чистота бункерного зерна сои модернизированного комбайна составляла 97,8%, в том числе дробление семян – 4,1%. Доказано, что предложенный способ позволяет сохранить производительность и агротехнические требования на качество уборки сои колесным комбайном на почвах повышенной влажности.

Keywords: grain combine, power balance, soybeans, backup power source, air-screen cleaning.

Under the conditions of increased soil moisture, the bearing capacity of the soil decreases and soil stickiness increases leading to increased energy costs for moving wheeled combine harvesters during soybean harvesting. A calculation and analytical method revealed a shortage of power in the standard power units of grain harvesters in the Amur Region used for harvesting at the recommended operating speeds of 7.2–9 km/h. Due to a decrease in the traction coefficient at soil moisture levels of 24–26% and increased travel costs, soybean harvesting by wheeled combine harvesters have to be suspended. Power balance calculations revealed a harvesting power shortage in the range of 4.9–24.4 kW for 92% of the combine fleet. Therefore, research aimed at reserving power for grain harvester travel is relevant. To address this issue, a proposed method for compensating for the lack of power involves installing an additional backup power source with a control unit for electromagnetic clutches and electric motor speeds which serves as a drive for the air-screen cleaning system activated in areas of the field with high moisture content. Laboratory and