

ТЕХНИКА И ТЕХНОЛОГИИ АПК

ОРИГИНАЛЬНАЯ СТАТЬЯ

УДК 631.372; 62-791.4

DOI: 10.26897/2687-1149-2021-6-4-10

К ВОПРОСУ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ СЧЕТЧИКОВ ИНДИКАТОРОВ И ТЕХНОЛОГИЙ НЕЙРОННЫХ СЕТЕЙ ДЛЯ КОНТРОЛЯ ТЕХНИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ ЭНЕРГОНАСЫЩЕННЫХ ТРАКТОРОВ, НАХОДЯЩИХСЯ В ЛИЗИНГЕ

КОСТОМАХИН МИХАИЛ НИКОЛАЕВИЧ, канд. техн. наук, ведущий научный сотрудник, заведующий лабораторией

redizdat@mail.ru; <https://orcid.org/0000-0003-1126-7520>

КАТАЕВ ЮРИЙ ВЛАДИМИРОВИЧ✉, канд. техн. наук, доцент, ведущий научный сотрудник, заведующий лабораторией

ykataev@mail.ru✉; <https://orcid.org/0000-0003-0832-3608>

ПЕТРИЩЕВ НИКОЛАЙ АЛЕКСЕЕВИЧ, канд. техн. наук, ведущий научный сотрудник

gosniti14@mail.ru; <https://orcid.org/0000-0003-3608-5408>

САЯПИН АЛЕКСАНДР СЕРГЕЕВИЧ, младший научный сотрудник

comaconcrsas@mail.ru; <https://orcid.org/0000-0001-6527-780X>

МОЛИБОЖЕНКО КОНСТАНТИН КИРИЛЛОВИЧ, инженер

k.k.molibozhenko@yandex.ru; <https://orcid.org/0000-0001-7943-6365>

Федеральный научный агроинженерный центр ВИМ; 109428, Российская Федерация, г. Москва, 1-й Институтский проезд, д. 5

Аннотация. Для снижения рисков и стоимости владения техникой для лизингодателя, особенно в послегарантийный период, необходимы разработка и внедрение новой и автоматизированной системы для сервисного сопровождения техники. В статье представлены анализ и возможности использования счетчиков-индикаторов и технологий нейронных сетей для on-line-контроля технического состояния энергонасыщенных тракторов. Представлен пример использования калькулятора нейросетей, который позволяет выявить неисправности в трансмиссии, а также повысить контролепригодность и объективность оценки текущего технического состояния тракторов, находящихся в лизинге. Счетчики-индикаторы являются встроенными средствами экспресс-диагностирования, и их использование позволяет свести к минимуму подготовительные операции по определению технического состояния, осуществить визуализацию и подсчет параметров для контроля технического состояния отдельных узлов и агрегатов, повысить эксплуатационную надёжность техники, находящейся в лизинге. Использование технологии нейронных сетей при техническом диагностировании техники позволит обобщить опыт диагностов и сервисных служб (экспертов) для локализации неисправности и дать возможность специалистам с малым опытом работы проводить оценку технического состояния и определять объём необходимой работы для устранения неисправностей, тем самым снизить время и стоимость ремонта.

Ключевые слова: технология нейронных сетей, трансмиссия, контроль технического состояния, степень использования, эксплуатационная надёжность, энергонасыщенный трактор, счётчик-индикатор, лизинг.

Формат цитирования: Костомахин М.Н., Катаев Ю.В., Петрищев Н.А., Саяпин А.С., Молибоженко К.К. К вопросу использования счетчиков индикаторов и технологий нейронных сетей для контроля технического состояния энергонасыщенных тракторов, находящихся в лизинге // Агроинженерия. 2021. № 6(106). С. 4-10. <https://doi.org/10.26897/2687-1149-2021-6-4-10>.

© Костомахин М.Н., Катаев Ю.В., Петрищев Н.А., Саяпин А.С., Молибоженко К.К., 2021



ORIGINAL PAPER

ON USING INDICATOR COUNTERS AND NEURAL NETWORK TECHNOLOGIES TO MONITOR THE TECHNICAL CONDITION OF ENERGY-SATURATED TRACTORS UNDER THE LEASE

MIKHAIL N. KOSTOMAKHIN, PhD (Eng), Key Research Engineer, Head of the Laboratory
redizdat@mail.ru; <https://orcid.org/0000-0003-1126-7520>

YURIY V. KATAEV✉, Key Research Engineer, Head of the Department, PhD (Eng), Associate Professor
ykataev@mail.ru✉; <https://orcid.org/0000-0003-0832-3608>

NIKOLAY A. PETRISHCHEV, PhD (Eng), Key Research Engineer
gosniti14@mail.ru; <https://orcid.org/0000-0003-3608-5408>

ALEKSANDR S. SAYAPIN, Junior Research Engineer
comaconcrsas@mail.ru; <https://orcid.org/0000-0001-6527-780X>

KONSTANTIN K. MOLIBOZHENKO, Engineer
k.k.molibozhenko@yandex.ru; <https://orcid.org/0000-0001-7943-6365>

Federal Scientific Agroengineering Center VIM; Bld 5, 1st Institutskiy Proezd Str., Moscow, 109428, Russian Federation

Abstract. Reducing the risks and the equipment ownership costs for the lessor, especially in the post-warranty period, requires developing and implementing a new automated system for equipment maintenance. The article presents an analysis and offers possibilities of using indicator counters and neural network technologies to monitor the technical condition of energy-rich tractors online. The authors give an example of using a neural network calculator to identify malfunctions in the transmission line and increase the controllability and objectivity of assessing the current technical condition of tractors under the lease. Counters-indicators are built-in express diagnostic tools. Their use helps minimize preparatory operations to determine the technical condition, visualize and analyze parameters for monitoring the technical condition of individual components and units, and increase the operational reliability of equipment under the lease. The use of neural network technology in the technical diagnostics of equipment will generalize the experience of diagnosticians and service experts for fault localization and enable specialists with little experience to assess the technical condition and determine the amount of work needed to eliminate malfunctions, thereby reducing the time and cost of repairs.

Key words: neural network technology, transmission, technical condition control, degree of use, operational reliability, energy-saturated tractor, meter indicator, leasing.

For citation: Kostomakhin M.N., Kataev Yu.V., Petrishchev N.A., Sayapin A.S., Molibozhenko K.K. On using indicator counters and neural network technologies to monitor the technical condition of energy-saturated tractors under the lease. *Agricultural Engineering*, 2021; 6 (106): 4-10. (In Rus.). <https://doi.org/10.26897/2687-1149-2021-6-4-10>.

Введение. За последние несколько лет значительно увеличилась динамика приобретения новой энергонасыщенной техники сельскохозяйственного назначения за счёт льготных условий финансовой аренды от лизинговых компаний. Например, для модернизации парка техники сельхозтоваропроизводителей в 2020 г. АО «Петербургский тракторный завод» только через компанию Росагролизинг поставил 637 ед. тракторов^{1,2}.

Для снижения рисков и стоимости владения для лизингодателя, особенно в послегарантийный период, необходимы разработка и внедрение новой и автоматизированной системы по сервисному сопровождению техники. Система должна включать в себя как встроенные средства диагностирования, работающие по алгоритмам тестирования и оценивающие

текущую интенсивность использования, не допускающие использования техники в предельных или аварийных диагностических параметрах, так и внешние диагностические средства, позволяющие осуществлять сбор исходной информации с прицепного и навесного оборудования.

Такая информация необходима для лизинговой компании (как владельца) для мотивации лизингополучателя к соблюдению правил эксплуатации техники и снижению рисков порчи имущества. Информация позволит оценить динамику изменения технического состояния от начала ввода в эксплуатацию, эффективность сервисного сопровождения за счёт автоматизированного выявления отклонений в техническом состоянии и расчета сверхнормативных затрат времени на поддержание техники в исправном состоянии.

Необходимость такой разработки связана с удаленностью места использования техники от логистических центров дилеров и желанием получить объективную исходную информацию о начале изменения технического состояния. Уже на ранних стадиях проявления неисправности, подготовив необходимые ресурсы, можно исключить издержки и потери, связанные с выводом техники [1].

С внедрением технологии нейронных сетей появилась возможность создания системы предупреждения и контроля

¹ «Росагролизинг» увеличил поставки сельхозтехники в 2020 году // Федерация лизинга: сайт. URL: [https://fedleasing.ru/articles/novosti/rosagrolizing-uvlechil-postavki-selkhoztekhniki-v-2020-godu-na-35-5/\(дата обращения: 28.04.2021\)](https://fedleasing.ru/articles/novosti/rosagrolizing-uvlechil-postavki-selkhoztekhniki-v-2020-godu-na-35-5/(дата обращения: 28.04.2021)).

² Росагролизинг подводит итоги работы со своими главными партнерами – отечественными сельхозмашиностроителями // Петербургский тракторный завод: сайт. URL: [https://kirovetsptz.com/press/news/Rosagrolizingprovelkonferentsiyu-spostavshchikam iselkhoztekhniki/\(дата обращения: 28.04.2021\)](https://kirovetsptz.com/press/news/Rosagrolizingprovelkonferentsiyu-spostavshchikam iselkhoztekhniki/(дата обращения: 28.04.2021)).

технического состояния техники в целом, а также отдельных её агрегатов. Система, характеризующая состояние техники как номинальное, допускаемое, предельное или аварийное, позволит перевести сбор данных в режиме on-line на качественно другой уровень, что даст возможность лизинговым компаниям иметь собственную систему контроля.

Цель исследований: внедрение и оснащение ресурсопределяющих элементов энергонасыщенной техники сенсорами и маркерами, а также выработки единых критериев состояния, что обеспечит единый подход к оценке причинно-следственных связей, обнаруженных системой несоответствий, и их градацию.

Материал и методы. В статье использована технология нейронных сетей on-line-диагностирования неисправностей для оценки состояния энергонасыщенных тракторов. Для контроля технического состояния узлов трактора «Кировец» предложена система счетчиков-индикаторов, данные которых обрабатываются нейросетью, и дается заключение о неисправности или отказе узла.

При анализе цифровых методов контроля технического состояния энергетических средств также использовались материалы дилерских служб ведущих мировых производителей техники, онлайн-платформы, нормативно-правовые документы, регламентирующие проведение on-line-диагностирования при техническом обслуживании, а также научные труды в этой области исследований.

В зависимости от характера поставленных задач использовались монографический метод исследований, методы математического анализа с применением ПК, методы системного и статистического анализа с использованием пакетов Python, Microsoft Office Excel 2010 и др.

Результаты и обсуждение. На первом этапе исследований, на примере трактора «Кировец» для контроля технического состояния отдельных узлов и агрегатов, предложена к реализации представленная ниже система счетчиков-индикаторов, позволяющих осуществлять функции визуализации и подсчета параметров.

В коробке переключения передач:

- подсчет количества включений передач;
- подсчет времени использования передач;
- индикация аварийного уровня рабочей жидкости;
- индикация времени восстановления давления в механизме переключения передач (МПП) после переключения передачи;
- индикация времени работы на аварийном давлении в МПП;
- индикация времени работы на аварийных температурных режимах рабочей жидкости;
- индикация времени работы фильтров на аварийных режимах;
- индикация предельной толщины пакета фрикционных дисков передач;
- индикация утечек МПП;
- индикация аварийного состояния насоса по коэффициенту пульсации давления;
- индикация буксования фрикционных дисков по соотношению передаточным отношениям передач;
- индикация необходимости подключения заднего моста по буксованию колёс переднего моста;
- индикация аварийного состояния силовых подшипников по коэффициенту пульсации радиального зазора.

В ведущем мосту:

- индикация аварийного состояния по температуре рабочей жидкости;
- индикация аварийного состояния по ходу штоков тормозов;
- индикация аварийного состояния самоблокирующегося дифференциала.

В двигателе внутреннего сгорания:

- индикация и оценка эффективной мощности (тестовая) по измерению значений углового ускорения в режиме свободного разгона в области номинальной частоты вращения коленчатого вала и сравнению с номинальными, допускаемыми и предельными значениями (при номинальной температуре охлаждающей жидкости);
- индикация и оценка эффективности системы охлаждения;
- индикация и оценка мощности по температуре отработавших газов в процессе эксплуатации;
- индикация и оценка аварийного состояния подшипников коленчатого вала по радиальному зазору;
- индикация и оценка аварийного разряжения воздушного фильтра;
- индикация наличия аварийного уровня отстоя в топливном фильтре;
- индикация наличия аварийного уровня давления (расхода) картерных газов;
- индикация наличия аварийного уровня давления масла (при минимальной устойчивой частоте вращения ДВС и двух (20 и 80°C) температур охлаждающей жидкости).

В кабине:

- индикация и оценка аварийных продольных и поперечных углов наклона;
- индикация и оценка предельных концентраций газов;
- индикация стиля вождения по оценке предельных продольных и поперечных, вертикальных ускорений;
- индикация времени движения трактора с имеющимися на панели оператора включёнными аварийными сигнализаторами.

В гидросистеме:

- подсчет количества циклов работы насоса на номинальном давлении;
- подсчет количества циклов ходов гидроцилиндра;
- индикация аварийного состояния насоса по коэффициенту пульсации;
- индикация и оценка аварийного состояния фильтра.

Развивающиеся технологии нейронных сетей представляют собой самообучающиеся программы на основе экспертных ответов на набор входных данных, составляющие сложные математические зависимости, обеспечивающие выявление закономерностей, влияющих на результат. Сложность и точность нейросети ограничены только временем обучения или вычислительными мощностями, поскольку выработка алгоритма является наиболее трудозатратной.

Основываясь на исследованиях в сфере диагностирования³ [2-5], авторы пришли к выводу о том, что использование технологий нейронных сетей при on-line-диагностировании является перспективным. Во-первых, они позволяют

³ Беляков В.В., Бушуева М.Е., Сагунов В.И. Многокритериальная оптимизация в задачах оценки подвижности, конкурентоспособности автотракторной техники и диагностики сложных технических систем: учеб. пособие. Н. Новгород: НГТУ, 2001. 271 с.

получить алгоритмы любой сложности; во-вторых, можно быстро перестроить алгоритм под любое количество входных данных и решений; в-третьих, в процессе обучения не требуется участие человека – нужна лишь тестовая обучающая выборка, то есть критерии состояния. Например, после диагностирования техники диагност может получать не связанные, на первый взгляд, признаки, говорящие о нескольких различных неисправностях, а нейросеть позволяет произвести ранжирование по вероятностям, тем самым уменьшить затраты времени на восстановление работоспособности техники.

На втором этапе разработки проведены предварительные опыты использования технологии нейронных сетей для оценки состояния коробок переключения передач (КПП) тракторов «Кировец».

За основу был взят конструктор нейросетей⁴ с возможностью использования до 10 входных и выходных параметров (рис. 1).

⁴ Конструктор нейросетей // Хабр: сайт. URL: <https://habr.com/ru/post/351922/> (дата обращения: 28.04.2021).

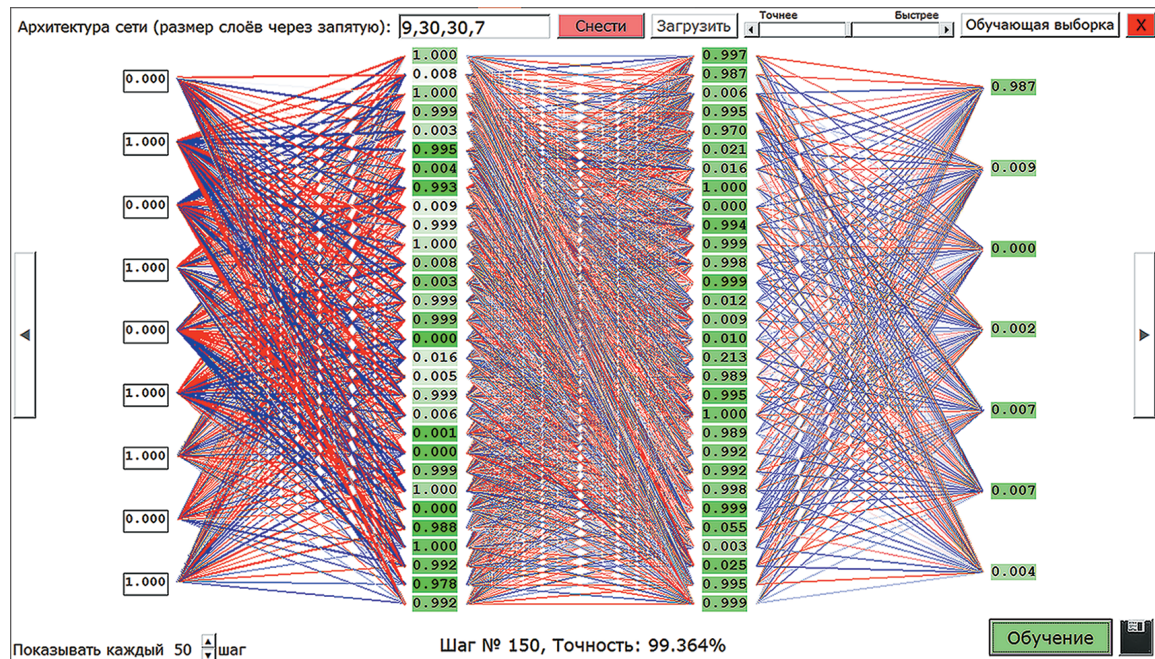


Рис. 1. Общий вид конструктора нейросети

Fig. 1. General view of the neural network constructor

Нейросеть имеет структуру в виде ячеек. В свою очередь, каждая ячейка-нейрон характеризуется значением от 0,000 до 1,000. Значения нейрона трех видов: входные – слева; выходные – справа; скрытые – все остальные.

С использованием руководящего документа⁵ и опыта авторов составлен список из 9 контролируемых параметров, характеризующих внешние проявления и возможные причины неисправностей узлов на примере КПП. Коды узлов: 1 – фрикционные КПП; 2 – механизм переключения передач; 3 – масляный фильтр; 4 – масляный насос; 5 – гидравлическое масло; 6 – механические повреждения; 7 – электрика.

Входные нейроны – 10 неисправностей: значение «1.000» – присутствие неисправности; «0.000» – отсутствие. Выходные нейроны обозначают контролируемые детали и узлы, при этом значения обозначают вероятность неисправности в каждом: 1.000-100%; 0.000-0% (рис. 2). В данном случае характеризуется вероятностный процесс (рис. 1). Точность составляет 99,364%.

В целях работоспособности нейросети её «обучили», для чего в нее были загружены экспертные, проверенные на практике данные.

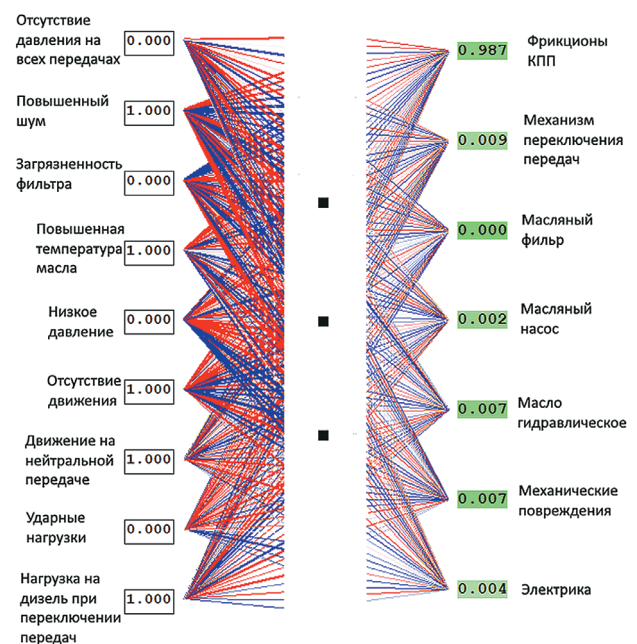


Рис. 2. Условные обозначения входных и выходных нейронов в модели нейросети по поиску неисправностей КПП

Fig. 2. Symbols of input and output neurons in the model of a neural network for PPC fault finding

⁵ РД 10-05.0001.008. Обеспечение стабильности качества капитального ремонта шасси трактора К-701. М.: ГОСНИТИ, 1988. 76 с.

Сводная таблица связей контролируемых параметров и узлов показывает неисправность каких узлов может быть причиной выхода контролируемого параметра за допустимые пределы (табл.). Данные в таком виде уже могут быть обработаны нейросетью для нахождения взаимосвязей между нейро-

нами (признаками неисправностей и, возможно, отказами узлов).

В дальнейшем, при загрузке в нейросеть ранее не использованных данных, при применении наработанных взаимосвязей, она сможет вычислить узлы, имеющие наибольшую вероятность причины отказа.

Таблица

Сводная таблица признаков неисправностей (выходов контролируемых параметров за допустимые пределы) и возможных соответствующих им отказавших узлов

Table

Summary table of malfunction signs (if monitored parameters exceed the permissible limits) and possible corresponding failed units

Код признаков неисправности <i>Symptom code</i>	Код узла, агрегата / <i>Unit and mechanism code</i>						
	1. Фрикционы КПП <i>Gearbox clutches</i>	2. Механизм переключения передач <i>Gear shifting mechanism</i>	3. Масляный фильтр <i>Oil filter</i>	4. Масляный насос <i>Oil pump</i>	5. Гидравлическое масло <i>Hydraulic oil</i>	6. Коробка переключения передач <i>Gearbox</i>	7. Электросистема <i>Electrical system</i>
1. Отсутствие давления на всех передачах <i>No pressure in all gears</i>	•	•	•	•	•	•	•
2. Повышенный шум <i>Increased noise</i>	•				•	•	
3. Срабатывание индикатора загрязненности фильтра <i>Activation of the filter clogging indicator</i>					•		•
4. Повышенная температура масла <i>Increased oil temperature</i>	•	•	•	•	•	•	
5. Низкое давление на одной или нескольких передачах <i>Low pressure in one or more gears</i>		•		•			
6. Отсутствие движения при включенной передаче / No movement when the gear is engaged	•	•			•		
7. Движение на нейтральной передаче <i>Driving in neutral gear</i>	•	•					
8. Ударные нагрузки при переключении передач <i>Shock loads when shifting gears</i>		•					
9. Нагрузка на дизель при переключении передач <i>Load on the diesel engine when shifting gears</i>	•	•					

Для проверки работоспособности нейросети проведен постановочный эксперимент (рис. 3), в ходе которого был загружен набор из признаков (кодов) неисправностей: 2 – повышенный шум; 4 – повышенная температура масла; 5 – низкое давление на всех передачах; 6 – отсутствие движения при включенной передаче.

По мнению авторов, такой набор признаков может характеризовать недостаточный уровень масла в КПП. Значит, при правильной работе нейросети наибольшее значение должно быть присвоено нейрону, обозначающему гидравлическое масло с кодом 5.

Полученные выходные данные расшифровываются в виде вероятностей неисправности в каждом из узлов. В данном эксперименте вероятности распределяются следующим

образом: 1 – гидравлическое масло – 50,4%; 2 – фрикционные механизмы – 8,6%; 3 – масляный насос – 7,5%; 4 – КПП – 0,4%; 5 – масляный фильтр – 0%; электросистема – 0%.

Таким образом, считаем, что экспериментальная задача решена удачно, а для дальнейшего «обучения» нейросети необходимо на уровне гарантийно-сервисной службы производителя сельскохозяйственной техники создать информационную базу, позволяющую выявлять причинно-следственные связи для повышения эксплуатационной надёжности техники, а для контроля текущего состояния ресурсопределяющих элементов узлов и агрегатов разработать систему счётчиков-индикаторов, позволяющих сервисной службе оперативно определять необходимость проведения регламентных работ [8-9].

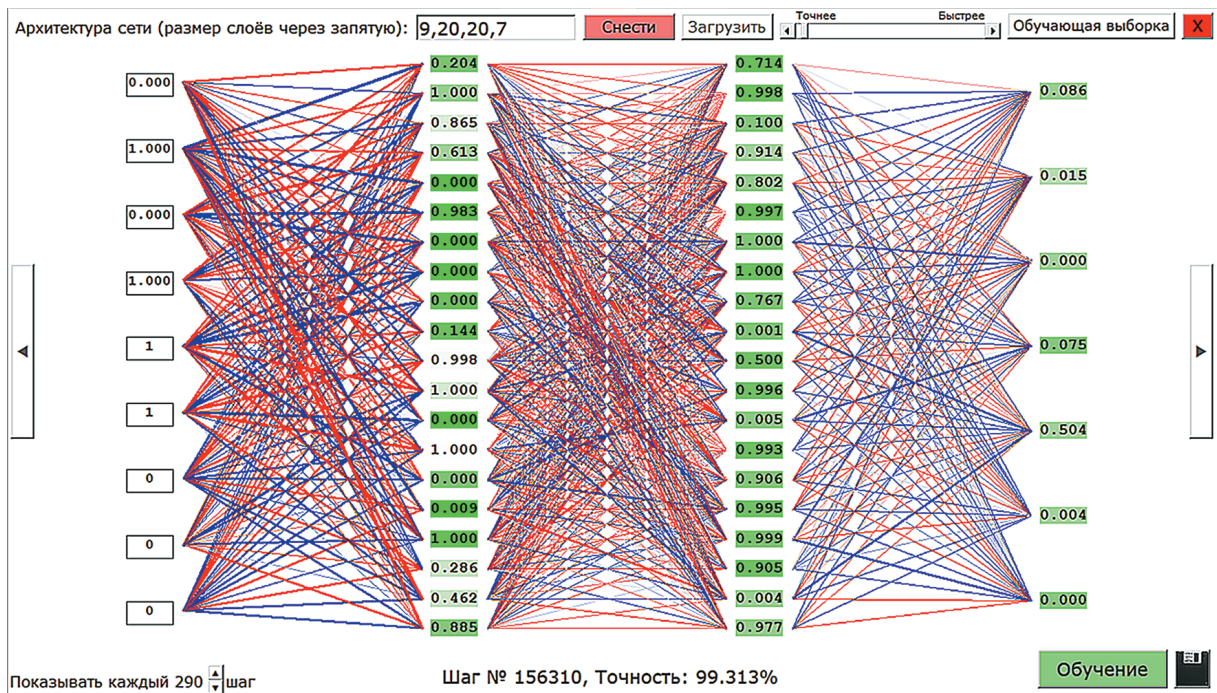


Рис. 3. Результаты решения нейросетью экспериментальной задачи

Fig. 3. Results of solving the experimental problem by the neural network

Выводы

1. В связи с повышением уровня продаж сельскохозяйственной техники через лизинговые компании необходима разработка предложений для дополнительной комплектации техники счётчиками-индикаторами, которые позволяют осуществлять визуализацию и подсчёт параметров для контроля технического состояния отдельных узлов и агрегатов.

2. Счётчики-индикаторы являются встроенными средствами экспресс-диагностирования, и их использование позволяет свести к минимуму подготовительные операции по определению технического состояния, а также

оперативно выявить нахождение параметров контроля в предельном или аварийном состоянии, тем самым снизить риски появления внезапных отказов техники, повысить эксплуатационную надёжность техники, находящейся в лизинге.

3. Использование технологии нейронных сетей при техническом диагностировании техники, в том числе находящейся в лизинге, позволит обобщить опыт диагностов и сервисных служб (экспертов) для локализации неисправности и дать возможность специалистам с малым опытом работы проводить оценку технического состояния и определять объём необходимой работы для устранения неисправностей, тем самым снизить время и стоимость ремонта.

Библиографический список

1. Дорохов А.С., Петрищев Н.А., Макаркин И.М. и др. Резервы повышения производительности надёжности МТП в АПК // Сельскохозяйственная техника: обслуживание и ремонт. 2018. № 11. С. 34-39.

2. Викторова Е.В. Применение нечетких нейронных сетей для технической диагностики дорожных машин // Вестник ХНАДУ. 2012. Вып. 56. С. 98-102.

3. Кадури А., Николенко С., Архангельская Е. Глубокое обучение. Погружение в мир нейронных сетей. СПб.: Питер, 2018. 480 с.

4. Кацуба Ю.Н., Власова И.В. Применение искусственных нейронных сетей для диагностирования изделий // Международный научно-исследовательский журнал. 2015. № 3 (34). Ч. 1. С. 68-70. URL: <https://research-journal.org/technical/primenenie-iskusstvennykh-nejronnykh-setey-dlya-diagnostirovaniya-izdelij/> (дата обращения: 28.04.2021).

5. Ерохин М.Н., Дорохов А.С., Катаев Ю.В. Интеллектуальная система диагностирования параметров

References

1. Dorokhov A.S., Petrishchev N.A., Makarkin I.M. et al. Rezervy povysheniya proizvoditel'nosti nadezhnosti MTP v APK [Prospects for increasing the productivity of the machine-and-tractor fleet in the farm industry sector]. *Sel'skokhozyaystvennaya tekhnika: obsluzhivanie i remont*, 2018; 11: 34-39. (In Rus.)

2. Viktorova E.V. Primenenie nechetkikh neyronnykh setey dlya tekhnicheskoy diagnostiki dorozhnykh mashin [Application of fuzzy neural networks for technical diagnostics of road-construction vehicles]. *Vestnik KHNADU*, 2012; 56: 98-102. (In Rus.)

3. Kadurin A., Nikolenko S., Arkhangelskaya E. Glubokoe obuchenie. Pogruzhenie v mir neyronnykh setey [Deep learning. Immersion in the world of neural networks]. St. – Petersburg, Piter, 2018: 480. (In Rus.)

4. Katsuba Yu.N., Vlasova I.V. Primenenie iskusstvennykh neyronnykh setey dlya diagnostirovaniya izdeliy [Application of artificial neural networks for the

технического состояния сельскохозяйственной техники // Агроинженерия. 2021. № 2 (102). С. 45-50. <https://doi.org/10.26897/2687-1149-2021-2-45-50>

6. Дорохов А.С. Бесконтактный контроль качества запасных частей сельскохозяйственной техники // Вестник ФГОУ ВПО «МГАУ имени В.П. Горячкина». 2010. № 2 (41). С. 73-75.

7. Дидманидзе О.Н., Дорохов А.С., Катаев Ю.В. Тенденции развития цифровых технологий диагностирования технического состояния тракторов // Техника и оборудование для села. 2020. № 11 (281). С. 39-43.

8. Измайлов А.Ю., Хорошенков В.К., Лужнова Е.С. Управление сельскохозяйственными мобильными агрегатами с использованием навигационной системы ГЛОНАСС/GPS // Сельскохозяйственные машины и технологии. 2015. № 3. С. 15-20.

9. Семейкин В.А., Дорохов А.С. Теоретические предпосылки организации процесса входного контроля качества машиностроительной продукции // Вестник ФГОУ ВПО «МГАУ имени В.П. Горячкина». 2007. № 2 (22). С. 92-94.

diagnostics of products]. *International Research Journal*, 2015; 3 (34): 68-70. URL: <https://research-journal.org/technical/primenenie-iskusstvennykh-nejronnykh-setej-dlya-diagnostirovaniya-izdelij/> (Access date: 28.04.2021). (In Rus.)

5. Erokhin M.N., Dorokhov A.S., Kataev Yu.V. Intellektual'naya sistema diagnostirovaniya parametrov tekhnicheskogo sostoyaniya sel'skokhozyaystvennoy tekhniki [Intelligent system for diagnosing parameters of the technical condition of agricultural machinery]. *Agricultural Engineering*, 2021; 2 (102): 45-50. <https://doi.org/10.26897/2687-1149-2021-2-45-50> (In Rus.)

6. Dorokhov A.S. Beskontaktniy kontrol' kachestva zapasnykh chastei sel'skokhozyaystvennoy tekhniki [Contactless quality control of spare parts of agricultural machinery]. *Vestnik of Moscow Goryachkin Agroengineering University*, 2010; 2 (41): 73-75. (In Rus.)

7. Didmanidze O.N., Dorokhov A.S., Kataev Yu.V. Tendentsii razvitiya tsifrovyykh tekhnologiy diagnostirovaniya tekhnicheskogo sostoyaniya traktorov [Trends in the development of digital technologies for diagnosing the technical condition of tractors]. *Tekhnika i oborudovanie dlya sela*, 2020; 11 (281): 39-43. (In Rus.)

8. Izmaylov A.Yu., Khoroshenkov V.K., Luzhnova E.S. Upravlenie sel'skokhozyaystvennymi mobil'nymi agregatami s ispol'zovaniem navigatsionnoy sistemy GLONASS/GPS [Controlling agricultural mobile units using the GLONASS/GPS navigation system]. *Sel'skokhozyaystvennye mashiny i tekhnologii*, 2015; 3: 15-20. (In Rus.)

9. Semeykin V.A., Dorokhov A.S. Teoreticheskie predposylki organizatsii protsessa vkhodnogo kontrolya kachestva mashinostroitel'noy produktsii [Theoretical prerequisites for the organization of input quality control of mechanical engineering products]. *Vestnik of Moscow Goryachkin Agroengineering University*, 2007; 2 (22): 92-94. (In Rus.)

Критерии авторства

Костомахин М.Н., Катаев Ю.В., Петрищев Н.А., Саяпин А.С., Молибоженко К.К. выполнили теоретические исследования, на основании полученных результатов провели эксперимент и подготовили рукопись. Костомахин М.Н., Катаев Ю.В., Петрищев Н.А., Саяпин А.С., Молибоженко К.К. имеют на статью авторские права и несут ответственность за плагиат.

Конфликт интересов

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Статья поступила в редакцию 12.05.2021

Одобрена после рецензирования 24.06.2021

Принята к публикации 30.06.2021

Contribution

M.N. Kostomakhin, Yu.V. Kataev, N.A. Petrishchev, A.S. Sayapin, K.K. Molibozhenko carried out theoretical studies and conducted the experiment based on the obtained theoretical results. M.N. Kostomakhin, Yu.V. Kataev, N.A. Petrishchev, A.S. Sayapin, K.K. Molibozhenko have equal author's rights and bear equal responsibility for plagiarism.

Conflict of interests

The authors declare no conflict of interests regarding the publication of this paper.

The paper was received 12.05.2021

Approved after reviewing 24.06.2021

Accepted for publication 30.06.2021