УДК 631.31,631.51



DOI 10.22314/2073-7599-2020-14-1-10-15

Цифровые беспроводные технологии для оценки показателей сельскохозяйственной техники

Вячеслав Филиппович Федоренко¹,

доктор технических наук, профессор, академик РАН, главный научный сотрудник, e-mail: fedorenko@rosinformagrotech.ru;

Виталий Евгеньевич Таркивский²,

кандидат технических наук, ведущий научный сотрудник, e-mail: Tarkivskiy@yandex.ru

Реферат. При проведении испытаний сельскохозяйственной техники с целью определения ее функциональных показателей важное значение имеет возможность беспроводной передачи данных между датчиками, измерительной и информационной системами. (*Цель исследований*) Разработать методы и создать беспроводные цифровые устройства для определения функциональных показателей сельскохозяйственных тракторов и машин с возможностью беспроводной передачи данных на удаленный пункт контроля в режиме реального времени. (Материалы и методы) Предположили, что определить буксование ведущих колес возможно с помощью инерциальной навигационной системы. Установили, что для расчета показателей в реальном режиме времени, полученных с помощью беспроводных технологий, необходимо определить характеристики входящих сигналов дискретных датчиков на стороне измерительной системы. (Результаты и обсуждение) Обосновали метод определения периода входящих сигналов дискретных датчиков с точностью 0,001 секунды для беспроводной передачи информации. Предложили конструкцию датчика буксования ведущих колес энергосредства, основным элементом которого является инерциальный датчик положения колеса. Разработали модуль ввода дискретных сигналов и инерциальный датчик буксования с возможностью беспроводной передачи данных на базе радиосистемы с несущей частотой 433 мегагерц. В ходе полевых испытаний установили, что точность определения буксования с помощью инерциального беспроводного датчика ИП-291 не превышает одного процента; дальность устойчивой радиосвязи от испытываемого объекта до пункта управления и контроля за испытаниями достигает 1000 метров; текущие показатели, поступившие посредством цифровой радиосвязи, не отличались от данных, полученных в кабине трактора. (Выводы) Создали эффективную систему беспроводной передачи информации с возможностью расчета показателей испытываемой техники в режиме реального времени. Ключевые слова: испытания сельхозтехники, сельскохозяйственная машина, трактор, датчик буксования, инерциальная навигация, цифровой канал связи.

■ Для цитирования: Федоренко В.Ф., Таркивский В.Е. Цифровые беспроводные технологии для оценки показателей сельскохозяйственной техники // *Сельскохозяйственные машины и технологии*. 2020. Т. 14. N1. C. 10-15. DOI 10.22314/2073-7599-2020-14-1-10-15.

Digital Wireless Technology to Measure Agricultural Performance

Vyacheslav F. Fedorenko¹,

Dr.Sc.(Eng.), professor, member of RAS, chief researcher, e-mail: fedorenko@rosinformagrotech.ru;

Vitaliy E. Tarkivskiy²,

Ph.D.(Eng.), leading researcher e-mail: Tarkivskiy@yandex.ru

Abstract. When testing agricultural machinery in order to determine its functional indicators, the ability to wirelessly transmit data between sensors, measuring and information systems are important. (*Research purpose*) To develop methods and create wireless digital devices for determining the functional indicators of agricultural tractors and machines with the ability to wirelessly

¹Федеральный научный агроинженерный центр ВИМ, Москва, Российская Федерация;

²Новокубанский филиал Российского научно-исследовательского института информации и технико-экономических исследований по инженерно-техническому обеспечению агропромышленного комплекса, г. Новокубанск, Краснодарский край, Российская Федерация

¹Federal Scientific Agroengineering Center VIM, Moscow, Russian Federation;

²Novokubansk branch of the Russian Research Institute of Information and Technical and Economic Studies on Engineering and Technical Provision of Agro-Industrial Complex, Novokubansk, Krasnodar Territory, Russian Federation



transmit data to a remote control point in real time. (*Materials and methods*) The authors assumed that it was possible to determine the slipping of driving wheels using an inertial navigation system. It was found that in order to calculate real-time indicators obtained using wireless technologies, it was necessary to determine the characteristics of the input signals of discrete sensors on the side of the measuring system. (*Results and discussions*) The authors substantiated a method for determining the period of incoming signals of discrete sensors with an accuracy of 0.001 seconds for wireless information transmission. They proposed the design of a slipping sensor for an energy vehicle driving wheels, the main element of which is an inertial wheel position sensor. They developed a discrete signal input module and an inertial slipping sensor with the possibility of wireless data transmission based on a radio system with a carrier frequency of 433 megahertz. During field tests, it was found that the accuracy of determining slippage using the inertial wireless sensor IP-291 does not exceed 1 percent; the range of stable radio communication from the tested object to the test control center reaches 1000 meters; the current indicators obtained through digital radio communication did not differ from the indicators obtained in the tractor cab. (*Conclusions*) The authors worked out an effective system for wireless information transfer with the ability to calculate the performance of the tested equipment in real time.

Keywords: agricultural machinery tests, agricultural machine, tractor, slipping sensor, inertial navigation, digital communication channel.

■ For citation: Fedorenko V.F., Tarkivskiy V.E. Tsifrovye besprovodnye tekhnologii dlya otsenki pokazateley sel'skokhozyaystvennoy tekhniki [Digital wireless technologies for assessing the performance of agricultural machinery]. *Sel'skokhozyaystvennye mashiny i tekhnologii*. 2020. Vol. 14. N1. 10-15 (In Russian). DOI 10.22314/2073-7599-2020-14-1-10-15.

В процессе определения показателей сельскохозяйственных машин или тракторов возникает необходимость контролировать текущие значения МТА. Эту функцию выполняет инженер-испытатель с помощью измерительной информационной системы (ИИС), внося корректировки в работу оператора трактора.

Структура любой измерительной информационной системы выглядит следующим образом (*puc. 1*):

- первичные преобразователи;
- нормализаторы;
- устройство обработки.

Существующие измерительные информационные системы для определения показателей сельхозтехники требуют присутствия инженера-испытателя в ка-

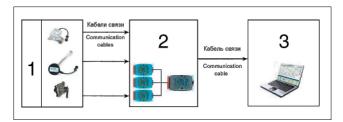


Рис. 1. Структура измерительной информационной системы: 1—первичные требования (датчики): 2—нормализаторы (усилители) первичных преобразователей; 3—устройство обработки (компьютер)

Fig. 1. The structure of the measuring information system: 1–primary converters (sensors); 2– normalizers (amplifiers) of primary converters; 3 – processing device (computer)

бине энергосредства, так как он непосредственно участвует в процессе исследований, а ноутбук с компьютерной программой подключается к измерительной части ИИС посредством USB-кабеля. В зависимости от модели энергосредства условия работы инженера-испытателя в кабине не всегда комфортны для работы.

Еще одна проблема при организации испытаний сельхозтехники заключается в сложности и трудоемкости монтажа первичных преобразователей на трактор. Например, подготовка трактора для установки датчиков буксования на движители занимает до двух рабочих смен. Кроме того, необходимо проложить кабели и просверлить монтажные отверстия, что не всегда возможно сделать.

Таким образом, важно посредством цифровой радиосвязи разделить измерительную часть ИИС, находящуюся на тракторе, и пункт контроля за процессом испытаний, который может быть стационарным, удаленным от испытываемой техники. Однако в полевых условиях не всегда можно использовать сотовую сеть связи из-за неравномерного покрытия. Необходимо разработать методы подключения первичных преобразователей к измерительной части через цифровую высокоскоростную связь.

Организация удаленного стационарного пункта контроля за процессом испытаний позволит создать комфортные условия работы инженера-испытателя, организовать наглядную демонстрацию текущих показателей техники, например, в случае одновременных сравнительных испытаний в присутствии группы специалистов. Цифровая радиосвязь между первичными преобразователями и измерительной частью ИИС поможет избавиться от прокладки кабелей на тракторе, упростить и ускорить процесс монтажа первичных преобразователей.

Компьютер, на котором выполняется программа управления процессом измерения, подключают к устройствам преобразования сигналов посредством информационного кабеля. Типичным примером такой структуры измерительной информационной системы служит ИИС для проведения энергетической оценки сельскохозяйственной техники и тяговых испытаний тракторов ИП-264 [1].



Цель исследований — разработать методы и создать беспроводные цифровые устройства для определения функциональных показателей сельскохозяйственных тракторов и машин с возможностью беспроводной передачи данных на удаленный пункт контроля в режиме реального времени.

Материалы и методы. Приборные методы определения и контроля различных показателей сельхозтехники подразумевают использование первичных преобразователей, установленных на испытываемом объекте. Задача датчика — преобразовать измеряемую физическую величину в электрический сигнал, который регистрируется информационной системой и пересчитывается в значение физической величины. По типу выходного сигнала датчики делятся как правило на аналоговые, дискретные и цифровые.

Для обработки аналоговых и дискретных сигналов требуются дополнительные устройства преобразования и фильтрации. Данные цифровых датчиков уже готовы для регистрации или использования в вычислениях различных показателей. Датчики с дискретным(импульсным) выходом подключают к модулю ввода дискретных сигналов. Функция модуля заключается в подсчете переходов между логическим «0» и логической «1» по каждому каналу ввода.

Компьютер с управляющей программой для расчета и отображения показателей испытываемой машины в режиме реального времени должен с определенной периодичностью посылать запросы каждому модулю информационной системы и ждать ответ.

После получения ответа на запрос компьютер замеряет время между последним и предыдущим ответом и рассчитывает соответствующий показатель испытываемой машины согласно заложенной в программу формулой на основе количества импульсов и времени. Таким образом, время между запросами становится важным фактором для расчета показателей в режиме реального времени. В случае использования USB-кабеля ответ приходит с задержкой ≈ 20 мс. Причем задержка постоянна и при расчетах функциональных показателей не учитывается.

Для организации удаленной радиосвязи можно просто «заменить» *USB*-кабель связи между компьютером и измерительной системой на два устройства цифровой радиосвязи типа «приемник — передатчик». В этом случае возникает ряд проблем, решить которые программными средствами на стороне компьютера с программой расчета показателей не представляется возможным.

При работе в поле создается ситуация кратковременного прерывания связи или потери данных при передаче через радиосвязь. Причинами могут служить помехи от сотовых вышек, мобильных телефонов или кратковременный уход испытываемого объекта из зоны прямой видимости между антеннами.

Несмотря на заявленную высокую скорость пере-

дачи данных устройств цифровой радиосвязи различных производителей, в случае непрерывного переключения устройств между направлением передачи «компьютер – измерительная система» и «измерительная система - компьютер» часто возникает задержка, величину которой невозможно определить и спрогнозировать. Причина в том, что системы цифровой радиосвязи любого типа представляют собой сложные устройства с микроконтроллерами и внутренним закрытым программным обеспечением, функционирующим по собственным алгоритмам. Это приводит к неадекватному расчету показателей в режиме реального времени. Еще одна причина – применение датчиков с низкой частотой формирования импульсов. Например, цена импульса сигналов расходомера дизельного топлива DFM составляет 12 см 3 на холостом режиме работы двигателя. В этой ситуации характерны скачки значений от больших величин до нуля после каждого обновления показаний [2].

Отсюда следует, что задачу по определению времени между переходами (импульсами) по каждому измерительному каналу необходимо возложить на модуль дискретного ввода. Это решение даст модулю автономность и независимость от неустойчивой связи и позволит программе управляющего компьютера в любом случае правильно вычислять текущие показатели.

Решить эту проблему можно, если на счетчик импульсов переложить задачу расчета периодов следования импульсов или группы импульсов. Показатели, получаемые по дискретным каналам, рассчитываются на основании периода T_i , c^{-1} , между фронтами импульсов (1):

$$T_{i} = \frac{N_{i}}{\Delta t_{i}},\tag{1}$$

где $N_{\rm i}$ — количество импульсов i-го измерительного канала;

 $\Delta t_{\rm i}$ – время между первым и последним импульсом, с.

Таким образом, при реализации алгоритма расчета количества и периодов импульсов решается проблема неконтролируемых задержек в системе радиосвязи. При пропадании запроса или ответа значение следующего успешного запроса будет адекватным, так как вернет количество и период «неиспользованных» импульсов.

При проведении функциональных показателей тракторов и энергетической оценки сельскохозяйственных машин учитывают текущую величину буксования движителей. Для определения коэффициента буксования устанавливают дополнительное устройство, которое будет определять величину коэффициента буксования непосредственно в процессе движения путем сравнения пройденного пути (или частоты вращения) ведущего колеса и реальной величины.

Параметры вращения ведущего колеса можно по-



лучить, определив изменение его положения в пространстве путем непрерывного измерения угла относительно оси вращения (ступицы) [3-5]. Решение этой задачи возможно с помощью современной технологии — инерциальной навигационной системы (ИНС).

Инерциальные навигационные системы предназначены для определения положения тела в пространстве и имеют преимущество в виде полной автономности: измеряемый объект не ограничен в перемещениях, не зависит от конкретной среды или расположения. ИНС состоит из акселерометра и гироскопа, отслеживающих вращательные и поступательные движения. Для определения координат в трехмерном пространстве, оси датчиков расположены взаимно перпендикулярно. Современные устройства ИНС дополнительно включают в себя трехосный магнитометр, определяющий положение измеряемого объекта в горизонтальной плоскости (относительно поверхности земли) — аналог компаса.

Для объединения данных, поступающих от акселерометра, гироскопа и магнетометра, а таже получения пространственных координат необходимо в системе навигации применить микроконтроллер, где будет реализован специальный цифровой математический фильтр — фильтр ориентации [6-9]. Преимущества использования ИНС в датчике угла поворота ведущего колеса при определении буксования:

- отсутствие проводов для подключения к измерительной системе;
 - простота установки;
 - малая стоимость;
 - отсутствие механических вращающихся частей.

Текущее буксование движителей $\overline{\delta}_{\rm M}$, %, с использованием инерциального датчика угла поворота ИП-291 и датчика скорости определяют по формуле:

$$\overline{\delta}_{M} = \frac{1}{n} \cdot \sum_{i=1}^{n} \left(1 - \frac{K_{i} \cdot V}{T_{ki}} \right) \cdot 10^{2}, \tag{2}$$

где n — количество движителей;

 $K_{\rm i}$ – калибровочный коэффициент буксования i-го ведущего колеса, м⁻¹;

V – текущая скорость, м/с;

 $T_{\rm ki}$ – частота импульсов датчика ведущего колеса, с⁻¹.

Результаты и обсуждение. Так как структура ИИС как правило модульная, необходимо заменить стандартный модуль ввода дискретных сигналов на интеллектуальный модуль с функцией расчета времени. Для достижения этой цели в Новокубанском филиале «Росинформагротех» (КубНИИТиМ) разработан модуль ИП-292 для измерительной системы ИП-264 (рис. 2).

Он имеет габариты и разводку разъемов, аналогичную стандартному модулю, и устанавливается на его место. Основа модуля — высокопроизводительный микроконтроллер *STM32F405*, который позволяет проводить измерение периода каждого импульса до 0,001 с и обеспечивает скорость счета импульсов 1000 Гц.



Puc. 2. Модуль ввода дискретных сигналов ИП-292 Fig. 2. Discrete signal input module IP-292

Для замены датчика буксования ИП-268 предназначен инерциальный датчик угла поворота ведущего колеса ИП-291 (puc. 3) [10].



Рис. 3. Инерциальный датчик буксования ведущего колеса ИП-291

Fig. 3. Inertial wheel slip sensor IP-291

Устройство определяет время с точностью до 1 мс, мгновенно рассчитывает угловую скорость, работает при температуре 1-60°С, обеспечивает до 45 импульсов на один оборот на 360°. Датчик можно устанавливать на любом месте диска колеса трактора, он не требует системы фиксации корпуса и проводов для подключения к ИИС. В состав датчика входит модуль инерциальной навигационной системы *МРU-9250*, аккумулятор, система радиосвязи на несущей частоте 433 МГц, микропроцессор *STM32F405*, система контроля заряда и информационные светодиоды.

Для объединения инерциальных датчиков угла поворота колеса в сеть и организации передачи цифровой информации на стационарный пункт управления и контроля разработан модуль ИП-294 (рис. 4). В нем совмещены преобразователь интерфейсов USB-RS485 и радиоканал RS485, что позволяет использовать его вместо стандартного модуля преобразования интерфейсов в измерительной системе ИП-264. Радиосвязь осуществляется на частоте 433 МГц.



Рис. 4. Модуль цифровой радиосвязи ИП-294

Fig. 4. Digital Radio Communication Module IP-294

В июле 2019 г. на выставке «Всероссийский день поля» в Ленинградской области мы совместно со специалистами «Поволжская МИС» провели демонстрационные экспресс-испытания почвообрабатывающей техники *Lemken* на оборудованном тракторе Кировец К-424. Целью экспресс-испытаний была демонстрация возможностей беспроводной измерительной системы ИП-264 для расчета функциональных и экономических показателей.

На трактор установили расходомер топлива, датчик пройденного пути, датчики буксования, тензодатчик для измерения тягового усилия, измерительную информационную систему и систему беспрово-



дной связи с направленной антенной (рис. 5, 6).

Показатели испытываемой техники рассчитывали с помощью программы «Исследователь» [11]. Она отображает текущие значения в реальном времени, проводит и сохраняет результирующие расчеты, а также демонстрирует параметры на подключенную к компьютеру в стационарном пункте информационную LED-панель (puc. 7).



Рис. 5. Инерциальный датчик буксования ИП-291 на колесе трактора

Fig. 5. Inertial slip sensor IP-291 on the tractor wheel

В ходе полевых испытаний установили:

- точность определения буксования с помощью инерциального беспроводного датчика ИП-291 не превышает 1%:
- дальность устойчивой радиосвязи от испытываемого объекта до пункта управления и контроля за испытаниями достигает 1000 м;
- текущие показатели, поступившие по цифровой радиосвязи, не отличались от данных, полученных в кабине трактора.

Выводы. Разработан и обоснован методический подход цифровой беспроводной передачи информации в процессе испытаний сельскохозяйственной техники, который реализован на базе дополнительных модулей связи и сбора данных в измерительной информационной системе ИП-264 и программе обработки данных «Исследователь».

В состав системы входят:

- модуль ввода дискретных сигналов ИП-292 для определения количественных и временных характеристик сигналов дискретных датчиков для передачи их с помощью цифровой радиосвязи;
 - беспроводные инерциальные датчики буксова-



Puc. 6. Измерительная информационная система ИП-264 в кабине трактора Fig. 6. Measuring information system IP-264 in a tractor cabin

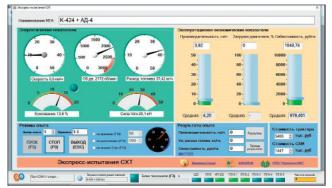


Рис. 7. Программа «Исследователь»

Fig. 7. Program «Researcher»

ния ИП-291, позволяющие фиксировать коэффициент буксования в режиме реального времени и передавать данные по цифровой радиосвязи;

• модуль беспроводной цифровой передачи данных ИП-294, осуществляющий передачу показателей на стационарный пункт управления и контроля без искажений в режиме реального времени.

Демонстрация функциональных возможностей разработанной измерительной информационной системы в рамках выставки «День российского поля 2019» подтвердила правильность научных и инженерных решений. Система продемонстрировала высокие потребительские характеристики. При этом точность определения буксования составила 1%, дальность передачи данных — до 1 км, отсутствие искажений полученных по радиосвязи показателей.

Использование предложенных методов и технических средств позволит сформировать один из элементов цифровизации системы испытаний России — аппаратную платформу для передачи данных в реальном времени, что способствует повышению достоверности и привлекательности сравнительных экспресс-испытаний для производителей и покупателей сельскохозяйственной техники.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Федоренко В.Ф., Трубицын Н.В. Современные информационные технологии при испытаниях сельскохозяйственной техники. М.: Росинформагротех. 2015. 139 с.

2. Федоренко В.Ф., Трубицын Н.В., Таркивский В.Е., Сазонов М.В. Уникальная система // Информационно-аналитический бюллетень БЭА. 2017. N8. C. 45-47.

ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

INFORMATION TECHOLOGY



- 3. Vinkó Á. Wheel slip detection by using wheel-mounted inertial sensor. *31th Danubia-Adria Symposium on Advances in Experimental Mechanics*. 2014. Vol. 1.
- 4. Rovira Más F. Sensor Architecture and Task Classification for Agricultural Vehicles and Environments. *Sensors*. 2010. N10(12). 11226-11247.
- 5. Romeo R.A., Oddo C.M., Carrozza M.C., Guglielmelli E., Zollo L. Slippage Detection with Piezoresistive Tactile Sensors. *Sensors*. 2017. N8. 1844.
- 6. Ojeda L., Cruz D., Reina G., Borenstein J. Current-Based Slippage Detection and Odometry Correction for Mobile Robots and Planetary Rovers. *IEEE Transactions on robotics*. 2006. Vol. 22. N2. 366-378.
- 7. Кудрявцева И. А. Анализ эффективности расширенного фильтра Калмана, сигма-точечного фильтра Калмана и сигма-точечного фильтра частиц // Научный вестник Московского государственного технического университета гражданской авиации. 2016. N224(2). С. 43-51.
- 8. Федоренко В.Ф., Мишуров Н.П., Трубицын Н.В., Тар-

- кивский В.Е. Применение инерциальной навигации для определения буксования сельскохозяйственных тракторов // Вестник Мордовского университета. 2018. Т. 28. Вып. 1. С. 8-23.
- 9. Таркивский В.Е. Исследование методов получения и цифровой обработки сигнала датчика поворота колеса сельскохозяйственного трактора // Вестник Федерального государственного образовательного учреждения высшего профессионального образования «Московский государственный агроинженерный университет имени В.П. Горячкина. 2018. N5(87). С. 11-20.
- 10. Федоренко В.Ф., Таркивский В.Е. Цифровые беспроводные методы и средства оценки показателей при испытаниях сельскохозяйственной техники // Инновации в сельском хозяйствее. 2019. N1. C. 271-282.
- 11. Таркивский В.Е., Трубицын Н.В., Воронин Е.С. Программное обеспечение измерительных информационных систем для испытаний сельскохозяйственной техники // Техника и оборудование для села. 2019. N9. C. 12-15.

REFERENCES

- 1. Fedorenko V.F., Trubitsyn N.V. Sovremennye informatsionnye tekhnologii pri ispytaniyakh sel'skokhozyaystvennoy tekhniki. [Modern information technology in testing agricultural machinery]. Moscow: Rosinformagrotekh. 2015. 139 (In Russian).
- 2. Fedorenko V.F., Trubitsyn N.V., Tarkivsky V.E., Sazonov M.V. Unikal'naya sistema [Unique system]. *Informatsionno-analiticheskiy byulleten' BEA*. 2017. N8. 45-47 (In Russian).
- 3. Vinkó Á. Wheel slip detection by using wheel-mounted inertial sensor. *31th Danubia-Adria Symposium on Advances in Experimental Mechanics*. 2014. Vol. 1. (In English).
- 4. Rovira Más F. Sensor Architecture and Task Classification for Agricultural Vehicles and Environments. *Sensors*. 2010. N10(12). 11226-11247 (In English).
- 5. Romeo R.A., Oddo C.M., Carrozza M.C., Guglielmelli E., Zollo L. Slippage Detection with Piezoresistive Tactile Sensors. *Sensors*. 2017. N8. 1844 (In English).
- 6. Ojeda L., Cruz D., Reina G., Borenstein J. Current-Based Slippage Detection and Odometry Correction for Mobile Robots and Planetary Rovers. *IEEE Transactions on robotics*. 2006. Vol. 22. N2. 366-378 (In English).
- 7. Kudryavtseva I. A. Analiz effektivnosti rasshirennogo fil'tra Kalmana, sigma-tochechnogo fil'tra Kalmana i sigma-tochechnogo fil'tra chastits [Efficiency analysis of the extended Kalman filter, Kalman sigma point filter and particle sigma point filter]. Nauchnyy vestnik Moskovskogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta grazhdanskoy aviatsii. 2016. N224(2).

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

43-51 (In Russian).

- 8. Fedorenko V.F. Mishurov N.P., Trubitsyn N.V., Tarkivskiy V.E. Primenenie inertsial'noy navigatsii dlya opredeleniya buksovaniya sel'skokhozyaystvennykh traktorov [The use of inertial navigation to determine the slipping of agricultural tractors]. *Vestnik Mordovskogo universiteta*. 2018. Vol. 28. Vyp. 1. 8-23 (In Russian).
- 9. Tarkivskiy V.E. Issledovanie metodov polucheniya i tsifrovoy obrabotki signala datchika povorota kolesa sel'skokhozyaystvennogo traktora [The research of methods for obtaining and digital processing the signal of an agricultural tractor wheel rotation sensor]. Vestnik Federal'nogo gosudarstvennogo obrazovatel'nogo uchrezhdeniya vysshego professional'nogo obrazovaniya «Moskovskiy gosudarstvennyy agroinzhenernyy universitet imeni V.P. Goryachkina. 2018. N5(87). 11-20 (In Russian).
- 10. Fedorenko V.F., Tarkivskiy V.E. Tsifrovye besprovodnye metody i sredstva otsenki pokazateley pri ispytaniyakh sel'skokhozyaystvennoy tekhniki [Digital wireless methods and means for evaluating indicators in agricultural machinery tests]. *Innovatsii v sel'skom khozyaystve*. 2019. N1. 271-282 (In Russian).
- 11. Tarkivskiy V.E., Trubitsyn N.V., Voronin E.S. Programmnoe obespechenie izmeritel'nykh informatsionnykh sistem dlya ispytaniy sel'skokhozyaystvennoy tekhniki [Measurement information systems software for agricultural machinery testing]. *Tekhnika i oborudovanie dlya sela*. 2019. N9. 12-15 (In Russian).

Conflict of interest. The authors declare no conflict of interest.

Статья поступила в редакцию 05.12.2019 The paper was submitted to the Editorial Office on 05.12.2019 Статья принята к публикации 02.02.2020

The paper was accepted for publication on 02.02.2020