

Научная статья

УДК 631.3

EDN HRKZXD

<https://doi.org/10.22450/978-5-9642-0633-0-247-255>

Обеспечение инклинометрических исследований технологических процессов, объектов механизации и оборудования в АПК

Семен Сергеевич Ус¹, аспирант

Константин Евгеньевич Кузнецов², соискатель

Татьяна Викторовна Шарипова³, кандидат технических наук

Евгений Евгеньевич Кузнецов⁴, доктор технических наук, доцент

^{1, 2, 3, 4} Дальневосточный государственный аграрный университет

Амурская область, Благовещенск, Россия

¹ magusus@mail.ru, ² altai666@mail.ru, ³ anyak09@mail.ru, ⁴ ji.tor@mail.ru

Аннотация. В статье рассмотрен инновационный способ исследования характеристик движения тракторно-транспортного агрегата, применяемого в сельском хозяйстве. В его основе лежит использование современного цифрового прибора, способного с высокой точностью определить характеристики любых колебаний в статике и динамике, отклонений звеньев агрегата, показатели скорости, буксования, магнитного и электромагнитного излучения. Представлен алгоритм исследования тракторно-транспортного агрегата и сделаны рекомендации по модернизации предложенного способа для более эффективного проведения инклинометрических исследований.

Ключевые слова: диагностика, система диагностирования, инклинометр, ходовая система, вибрационная нагрузка, повышение эффективности

Для цитирования: Ус С. С., Кузнецов К. Е., Шарипова Т. В., Кузнецов Е. Е. Обеспечение инклинометрических исследований технологических процессов, объектов механизации и оборудования в АПК // Агропромышленный комплекс: проблемы и перспективы развития : материалы междунар. науч.-практ. конф. (Благовещенск, 18–19 апреля 2024 г.). Благовещенск : Дальневосточный ГАУ, 2024. С. 247–255.

Original article

Provision of inclinometric studies of technological processes, mechanization facilities and equipment in the agro-industrial complex

Semyon S. Us¹, Postgraduate Student

Konstantin E. Kuznetsov², Degree Seeker

Tatyana V. Sharipova³, Candidate of Technical Sciences

Evgeny E. Kuznetsov⁴, Doctor of Technical Sciences, Associate Professor

^{1, 2, 3, 4} Far Eastern State Agrarian University, Amur region, Blagoveshchensk, Russia

¹ magusus@mail.ru, ² altai666@mail.ru, ³ anyak09@mail.ru, ⁴ ji.tor@mail.ru

Abstract. The article considers an innovative way to study the characteristics of the movement of a tractor-transport unit used in agriculture. It is based on the use of a modern digital device capable of determining with high accuracy the characteristics of any fluctuations in statics and dynamics, deviations of the unit links, indicators of speed, slipping, magnetic and electromagnetic radiation. An algorithm for the study of a tractor-transport unit is presented and recommendations are made for the modernization of the proposed method for more efficient inclinometric studies.

Keywords: diagnostics, diagnostic system, inclinometer, running system, vibration load, efficiency improvement

For citation: Us S. S., Kuznetsov K. E., Sharipova T. V., Kuznetsov E. E. Provision of inclinometric studies of technological processes, mechanization facilities and equipment in the agro-industrial complex. Proceedings from Agro-industrial complex: problems and prospects of development: *Mezhdunarodnaya nauchno-prakticheskaya konferentsiya (Blagoveshchensk, 18–19 aprelya 2024 g.)* (PP. 247–255), Blagoveshchensk, Dal'nevostochnyj gosudarstvennyj agrarnyj universitet, 2024 (in Russ.).

В исследуемой отрасли техники, относящейся к приборно-лабораторному оборудованию для проведения безразборной диагностики и испытаний, известно достаточное количество способов. Для расширения линейки используемых средств нами предлагается способ инклинометрической диагностики, эффективность которого подтверждена в ряде экспериментов [1–3]. В применении к исследованию параметров движения тракторно-транспортного агрегата (ТТА) способ подразумевает последовательное получение данных с 5 точек установки инклинометрических считывающих приборов. Схема установки приведена на рисунке 1.

При применении способа исследования характеристик движения транспортно-тракторного агрегата предварительно необходимо определить показатели эталонного ТТА также по пяти точкам, используя схему (рис. 1): в районе центра передней оси трактора, в точке проекции центра задней оси трактора, на дышле (снице) прицепа, в центре передней оси прицепа, в центре задней

оси прицепа.

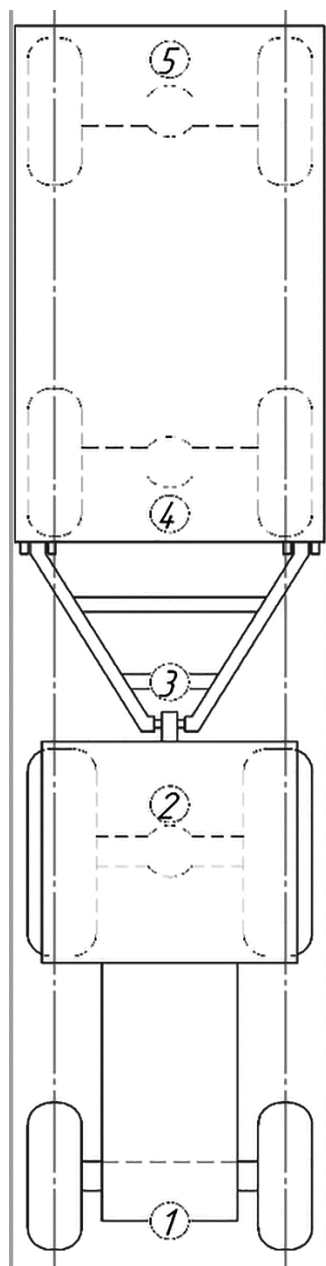


Рисунок 1 – Точки установки датчиков считывающего приборного комплекса

Для этого последовательно выполняют:

1. Прибор необходимо закрепить в пяти точках тракторно-транспортного агрегата; для установки следует использовать методы, при которых устройство будет надежно закреплено на поверхности, во избежание искажения по-

казаний инклинометра (при помощи клейкой ленты, либо жесткого соединения с использованием болтов).

2. Прибор подключается к персональному компьютеру при помощи Bluetooth или USB-кабеля, с включенным фирменным программным обеспечением MINIMU.

3. Прибор калибруется по необходимым параметрам: угол наклона, угловая скорость, магнитное поле и кватернион.

4. Необходимо выставить исследуемый объект в нужное положение, и при помощи фирменного программного обеспечения MINIMU обнулить показания датчиков инклинометра.

5. Путем активации кнопки *Begin* в меню *Record* начинается запись данных и выполнение необходимых манипуляций с исследуемым ТТА.

6. По окончании манипуляций с объектом исследования запись данных необходимо завершить путем нажатия кнопки *Stop* в меню *Record*.

7. Записанные данные хранятся на персональном компьютере в указанной папке в формате *txt*; данные из данного формата для большего удобства переводятся в формат *xlsx*.

8. Из необходимых параметров выбираются интересующие данные в целях дальнейшего сравнения результатов.

Таким образом, способ исследования позволяет получить эталонные значения характеристик движения тракторно-транспортного агрегата.

В последующем способ подразумевает снятие показаний с рабочего агрегата во время проведения транспортных работ.

Исследования рабочего тракторно-транспортного агрегата проводятся по следующему алгоритму [3]:

1. Установка инклинометрического приборного комплекса на клейкой ленте, либо при помощи болтового соединения на точки, идентичные точкам эталонного ТТА: в районе передней оси трактора, на задней оси трактора, на

дышле (снице) прицепа, на передней оси прицепа, на задней оси прицепа.

2. Подключение инклинометра к компьютеру путем установления беспроводной связи Bluetooth или проводного подключения кабелем с интерфейсом USB, с включенным фирменным программным обеспечением MINIMU; проверка работоспособности прибора.

3. Калибровка прибора по необходимым параметрам: угол наклона, угловая скорость, магнитное поле и кватернион (выполняется автоматически при включении прибора, либо при необходимости оператором).

4. Обнуление показаний датчиков инклинометра (необходимо для упрощения обработки данных).

5. Выполнение диагностики тракторно-транспортного агрегата по пяти точкам: в районе передней оси трактора, на задней оси трактора, на дышле (снице) прицепа, на передней оси прицепа, на задней оси прицепа. Путем активации кнопки *Begin* в меню *Record* начинается запись данных и выполнение рабочих манипуляций с исследуемым ТТА.

6. Записанные данные хранятся на персональном компьютере в указанной папке в формате *txt*; данные из данного формата для большего удобства переводятся в формат *xlsx*.

7. Из полученных показаний инклинометра отбираются интересующие параметры в интересующем временном диапазоне.

8. Выполняется вычисление средних предельных отклонений по осям X, Y и Z.

9. Вычисляют коэффициент изменения первоначальной величины тракторно-транспортного агрегата.

10. Проводят определение превышения коэффициента изменений первоначальной величины предельно допустимых отклонений.

11. Если предельно допустимые отклонения больше принятых (коэффициент равен 1,2 условные единицы), то требуется проведение дополнительной

диагностики. В противном случае, ТТА считается исправным и допускается к дальнейшей эксплуатации. В случае если отклонения превысили 1,2 единицы, проводится дополнительная диагностика по отдельности – трактора, дышла прицепа и прицепа в частности.

12. Дополнительное диагностирование трактора проводится по двум точкам: в районе передней оси трактора и задней оси трактора. Оно организуется соответственно пунктам с 6 по 10.

13. Дополнительное диагностирование дышла проводится по двум точкам: в районе шарнирного соединения и поперечной траверсы дышла (соответственно пунктам с 6 по 10).

14. Дополнительное диагностирование прицепа проводится по двум точкам: в районе передней оси прицепа и задней оси прицепа (соответственно пунктам с 6 по 10).

15. Исходя из условий пункта 11, трактор отправляется на ремонт или замену составных элементов.

16. Исходя из условий пункта 11, дышло прицепа отправляется на ремонт или замену составных элементов.

17. Исходя из условий пункта 11, прицеп отправляется на ремонт или замену составных элементов.

18. Исходя из условий пункта 11, трактор, дышло прицепа, прицеп или тракторно-транспортный агрегат в целом проходят ремонт или замену составных частей, либо в случае, если отдельные элементы ТТА или сам ТТА считаются исправными, то следует их допуск к эксплуатации.

Однако данный способ подразумевает последовательное снятие показаний с каждой из 5 точек. В этой связи проведение инклинометрических исследований занимает определенное количество времени. Нами был определен метод, который позволяет сократить время проведения исследований в 5 раз.

Для этого было решено заменить устаревшую модель считывающего датчика инклинометра BWT901CL на более усовершенствованную модель WT9011DCL (рис. 2).



Рисунок 2 – BWT901CL (слева), WT9011DCL (справа)

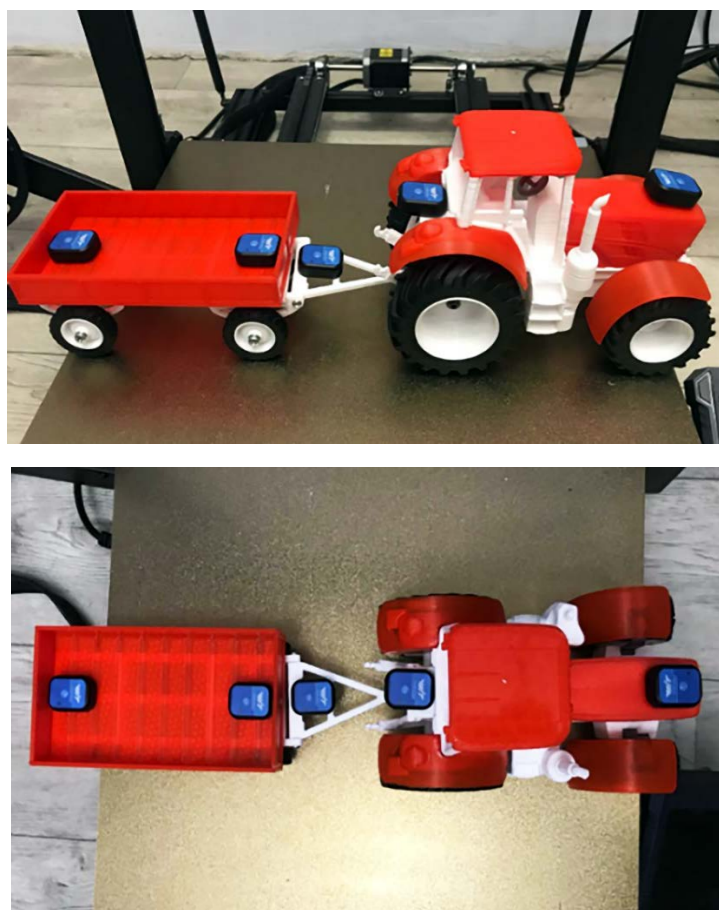
WT9011DCL – это акселерометр с характеристиками, идентичными прошлой модели, но имеющий интерфейс беспроводного подключения Bluetooth 5.0, уменьшенный в 2 раза корпус и при этом большую емкость аккумулятора. Bluetooth 5.0 позволяет одновременное подключать до 10 устройств к персональному компьютеру.

В целях определения работоспособности и совместимости комплекса методом 3D-печати был изготовлен макет тракторно-транспортного агрегата. Приборный комплекс расположен в соответствии с предлагаемым методом исследования, в 5 точках исследуемого объекта (рис. 3).

На настоящем этапе исследований проводятся работы по переносу 3D-модели, на основе которой был напечатан макет, в фирменное программное обеспечение WitMotion (V2.6.1.0), что позволит в реальном времени наблюдать вибрационные нагрузки и отклонения по осям кватерниона не только с макетом, но и с реальным тракторно-транспортным агрегатом.

Закключение. В общем случае использование обновленной версии приборного комплекса позволит сократить время проведения исследований в 5 раз

за счет отсутствия необходимости перемещать средства замера данных по точкам исследуемого объекта и возможности одновременного подключения нескольких инклинометров в сравнении с ранее предлагаемым способом снятия и фиксации параметров.



**Рисунок 3 – Макет тракторно-транспортного агрегата
с установленным приборным комплексом**

При этом, учитывая перспективность применения инклинометрии в диагностике и испытаниях, данная разработка позволит значительно расширить количество одновременно измеряемых параметров и тем самым увеличить объем получаемой информации в реальном времени о действующих технологических процессах, взаимовлиянии взаимодействующих объектов, систем и элементов, а также получать исчерпывающие экспериментальные данные, подтверждающие или опровергающие известные математические или эмпирические зависимости.

Список источников

1. Ус С. С., Маршанин Е. В., Кузнецов К. Е., Кузнецов Е. Е., Щитов С. В. Применение современных цифровых приборов для фиксации параметров движения сельскохозяйственных агрегатов // Аграрный научный журнал. 2023. № 8. С. 147–154.
2. Us S. S., Shchitov S. V., Burmaga A. V., Marshanin E. V., Belyakov D. V. Investigation of the motion parameters of technological complexes using a quaternion data fixation apparatus // International Scientific Siberian Transport Forum : E3S Web of Conferences. Novosibirsk : EDP Sciences, 2023. P. 03002.
3. Ус С. С., Щитов С. В., Ковалевский В. Н., Гончарук А. И., Петроченко В. В. Исследование параметров движения колесных сельскохозяйственных агрегатов применением кватернионного аппарата фиксации данных // Известия Оренбургского государственного аграрного университета. 2024. № 1 (105). С. 142–148.

References

1. Us S. S., Marshanin E. V., Kuznetsov K. E., Kuznetsov E. E., Shchitov S. V. Application of modern digital devices for recording the parameters of movement of agricultural aggregates. *Agrarnyi nauchnyi zhurnal*, 2023;8:147–154 (in Russ.).
2. Us S. S., Shchitov S. V., Burmaga A. V., Marshanin E. V., Belyakov D. V. Investigation of the motion parameters of technological complexes using a quaternion data fixation apparatus. Proceedings from International Scientific Siberian Transport Forum: E3S Web of Conferences. (PP. 03002), Novosibirsk, EDP Sciences, 2023.
3. Us S. S., Shchitov S. V., Kovalevsky V. N., Goncharuk A. I., Petrochenko V. V. Investigation of motion parameters of wheeled agricultural units using a quaternion data fixation device. *Izvestiya Orenburgskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta*, 2024;1(105):142–148 (in Russ.).

© Ус С. С., Кузнецов К. Е., Шарипова Т. В., Кузнецов Е. Е., 2024

Статья поступила в редакцию 26.03.2024; одобрена после рецензирования 06.05.2024; принята к публикации 07.06.2024.

The article was submitted 26.03.2024; approved after reviewing 06.05.2024; accepted for publication 07.06.2024.