

Научная статья

УДК 631.372

EDN XRSAUF

<https://doi.org/10.22450/978-5-9642-0480-0-388-394>

**Адаптация приборного диагностического комплекса
к проведению исследований колесных тракторов**

Семён Сергеевич Ус¹, аспирант

Валентина Ивановна Худовец², кандидат технических наук, доцент

Владимир Анатольевич Мунгалов³, кандидат технических наук

Евгений Евгеньевич Кузнецов⁴, доктор технических наук, профессор

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

Амурская область, Благовещенск, Россия

¹ magusus@mail.ru, ² volna0911@mail.ru, ³ mva.meh@mail.ru, ⁴ ji.tor@mail.ru

Аннотация. Предложен инклинометр-акселерометр в разработанном прототипе корпуса с креплениями для проведения исследований колесных тракторов. Показано, что модернизированная модель обладает повышенной прочностью, более широким диапазоном рабочих температур, стойкостью к истиранию, химической устойчивостью, низким коэффициентом трения.

Ключевые слова: 3D-проектирование, 3D-печать, инклинометр, акселерометр, приборный комплекс

Для цитирования: Ус С. С., Худовец В. И., Мунгалов В. А., Кузнецов Е. Е. Адаптация приборного диагностического комплекса к проведению исследований колесных тракторов // Агропромышленный комплекс: проблемы и перспективы развития : материалы всерос. науч.-практ. конф. (Благовещенск, 16–17 апреля 2025 г.). Благовещенск : Дальневосточный ГАУ, 2025. С. 388–394.

Original article

**Adaptation of the instrument diagnostic complex
to the research of wheeled tractors**

Semyon S. Us¹, Postgraduate Student

Valentina I. Khudovets¹, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor

Vladimir A. Mungalov³, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor

Evgeny E. Kuznetsov⁴, Doctor of Technical Sciences, Professor

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

¹ magusus@mail.ru, ² volna0911@mail.ru, ³ mva.meh@mail.ru, ⁴ ji.tor@mail.ru

Abstract. An inclinometer accelerometer is proposed in the developed prototype housing with fasteners for conducting research on wheeled tractors. It is shown that the upgraded model has increased strength, a wider range of operating temperatures, abrasion resistance, chemical resistance, and a low coefficient of friction.

Keywords: 3D design, 3D printing, inclinometer, accelerometer, instrument complex

For citation: Us S. S., Khudovets V. I., Mungalov V. A., Kuznetsov E. E. Adaptation of the instrument diagnostic complex to the research of wheeled tractors. Proceedings from Agro-industrial complex: problems and prospects of development: *Vserossiiskaya nauchno-prakticheskaya konferentsiya*. (PP. 388–394), Blagoveshchensk, Dal'nevostochnyi gosudarstvennyi agrarnyi universitet, 2025 (in Russ.).

В ходе экспериментальных исследований в период с 2022 по 2025 гг. на базе Дальневосточного государственного аграрного университета было доказано, что вибрационная диагностика с использованием приборного комплекса, основанного на приборной базе, использующей высокоточные инклинометры-акселерометры, обладает высокой эффективностью и точностью, что может быть применено для определения вибрационной нагрузки узлов и агрегатов как транспортных средств, так и тракторов [1, 2].

Однако для применения предлагаемого комплекса для измерений в машиностроении необходимо проведение адаптивных воздействий, таких, как изготовление корпусов и элементов крепления датчиков приборного комплекса, способных выдерживать высокие вертикальные нагрузки и имеющих возможность четкой фиксации на элементах агрегатов. Для изготовления был определен метод аддитивного производства посредством 3D-печати из полимеров, наиболее подходящий по функционалу быстрого прототипирования и получения продуктивных результатов.

Таким образом, технические возможности имеющегося в наличии принтера, в частности высокоскоростного 3D-принтера с закрытой камерой Bambu Lab X1-Carbon Combo, позволяют получить продукт с закладываемыми расчетными характеристиками (рис. 1). Основные характеристики 3D-принтера: область печати – 256×256×256 мм; температура стола – 110 °C; температура

экструдера – 300 °С; количество печатающих сопел – 1 шт.



Рисунок 1 – 3D-принтер Bambu Lab X1-Carbon Combo

Предлагаемый принтер поддерживает все материалы для печати, температура которых в процессе не превышает 300 °С. Он имеет автоматическую систему возобновления печати, датчик окончания нити филамента и автоматическую калибровку горизонтального отклонения стола.

Изготовление корпусов с элементами крепления для датчиков приборно-диагностического комплекса обусловлено отсутствием у корпусов заводского исполнения каких-либо элементов крепления к объектам диагностики (рис. 2, а). Разработанный прототип (рис. 2, б) показал свою эффективность во время проведения экспериментальных исследований.

Крепления датчиков производятся посредством продевания через петли, расположенные в нижней части корпуса пластиковых хомутов. Добавлена заглушка порта питания для предотвращения попадания пыли и грязи, нанесены вырубki с обозначением осей для лучшей ориентации в пространстве при установке датчиков на объект исследования.



Рисунок 2 – Датчик инклинометр-акселерометр (слева), датчик инклинометр-акселерометр в разработанном прототипе корпуса с креплениями (справа)

Кейс для хранения приборов был изготовлен из PLA (полилактид) и оснащен семью секциями, в которых хранятся датчики, откидывающейся крышкой, двумя защелками и внутренним амортизационным наполнителем, предназначенным для предотвращения ударов датчиков о стенки кейса (рис. 3).



Рисунок 3 – Прототип (слева) и модернизированный (справа) корпуса датчиков и кейс приборного комплекса

Для 3D-печати корпусов датчиков использовались материалы бытового назначения: PETG (полиэтилентерефталат-гликоль) и TPU (термопластичный полиуретан). PETG-пластик белого цвета использовался для производства основной части корпуса датчика; TPU черного цвета применялся для изготовления заглушки порта зарядки. Корпус представляет из себя две детали, внутри

которых размещается непосредственно сам датчик. Напечатанные части корпуса склеиваются между собой, представляя из себя неразборную конструкцию. При этом на нижней части располагаются 4 петли для продевания гибких пластиковых крепежных хомутов; на верхней части выполнены горизонтальные вырезы для гибких пластиковых крепежных хомутов и отверстие для светодиода, предназначенного для определения состояния датчика, а также кнопка включения (выключения) датчика приборного комплекса.

В процессе эксплуатации прототипа были обнаружены следующие недостатки: зависимость четкости крепления от наличия высококачественных пластиковых хомутов; недостаточная прочность корпусов к вертикальной нагрузке; скольжение нижней части датчика по поверхности объекта исследования; неполная общая герметичность корпуса.

Все эти факторы так или иначе оказывают свое влияние на долговечность, работоспособность приборно-диагностического комплекса и точность определяемых характеристик.

В процессе модернизации приняты следующие технические решения: основная часть корпуса состоит также из двух половинчатых частей, но соединяющихся между собой болтовыми соединениями; в конструкцию добавлена герметизирующая прокладка и противоскользящая опора; петли для крепления датчика перенесены на верхнюю часть корпуса, количество петель увеличено до восьми для большего удобства установки; основным материалом для изготовления корпусов датчиков – РА CF (полиамид ПА6, наполненный короткими углеродными волокнами), являющийся инженерным высокопрочным конструкционным материалом; герметичная прокладка, кнопка включения, противоскользящая опора и заглушка порта зарядки изготовлены из материала *eTPU-95A*. Таким образом, получилось добиться большей герметичности, предотвратить скольжение датчика по месту крепления и повысить технологические характеристики комплекса.

ULTRAN M20 по сравнению с ранее использованным PETG обладает следующими характеристиками: *повышенная прочность, более широкий диапазон рабочих температур (от минус 60 до 150 °C), стойкость к истиранию, химическая устойчивость, низкий коэффициент трения.*

Кейс для транспортировки и хранения был доработан в связи с улучшением корпусов датчиков, а также разработкой программного обеспечения, которое хранится на USB-носителе. Кейс имеет три отсека: первый – с элементами, изготовленными из гибкого TPU, для предотвращения ударов и надежного хранения датчиков и USB-накопителя; второй – предназначен для хранения проводов для зарядки датчиков; третий – для пластиковых хомутов.

Заключение. *Особенности обновленной конструкции создают оптимальные условия для ее эксплуатации в средах с различными уровнями механических колебаний, температур и химического воздействия, свойственных сельскохозяйственным машинам. Таким образом, модернизированный инклинометрический приборный комплекс не только повышает эффективность оперативного мониторинга и проведения технического контроля, но и способствует предотвращению преждевременного износа оборудования.*

Список источников

1. Ус С. С., Кузнецов К. Е., Кузнецов Е. Е. Обоснование способа исследования характеристик движения тракторно-транспортного агрегата // Актуальные вопросы автомобильного транспорта : материалы всерос. науч.-практ. конф. Барнаул : Алтайский государственный технический университет, 2024. С. 124–127.
2. Ус С. С., Кузнецов Е. Е., Щитов С. 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., Kuznetsov K. E., Kuznetsov E. E. Justification of the method for studying the characteristics of the movement of a tractor-transport unit. Proceedings from Current issues of automobile transport: *Vserossiiskaya nauchno-prakticheskaya konferentsiya*. (PP. 124–127), Barnaul, Altaiskii gosudarstvennyi tekhnicheskii universitet, 2024 (in Russ.).

2. Us S. S., Kuznetsov E. E., Shchitov S. V. Study of the motion parameters of wheeled agricultural units using a quaternion data recording apparatus. *Izvestiya Orenburgskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta*, 2024;1(105):142–148 (in Russ.).

© Ус С. С., Худовец В. И., Мунгалов В. А., Кузнецов Е. Е., 2025

Статья поступила в редакцию 31.03.2025; одобрена после рецензирования 04.05.2025; принята к публикации 22.07.2025.

The article was submitted 31.03.2025; approved after reviewing 04.05.2025; accepted for publication 22.07.2025.