

Механизация, электрификация и транспортные технологии в АПК: ресурсосбережение, инновации, практика

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

Механизация, электрификация и транспортные технологии в АПК: ресурсосбережение, инновации, практика

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 вырубки 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)
корпусы 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

Механизация, электрификация и транспортные технологии в АПК: ресурсосбережение, инновации, практика

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 принятые 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; основной материал для изготовления корпусов датчиков – PA 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 заряжания 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.