

О Т З Ы В

официального оппонента доктора технических наук, доцента Лимаренко Николая Владимировича на диссертационную работу Ус Семёна Сергеевича, выполненную на тему «Обоснование и разработка цифрового инклинометрического комплекса для безразборной диагностики автотракторной техники», представленную в диссертационный совет 35.2.013.03 по защите диссертаций на соискание ученой степени кандидата наук, на соискание ученой степени доктора наук по научной специальности 4.3.1. Технологии, машины и оборудование для агропромышленного комплекса (технические науки), созданный на базе федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Дальневосточный государственный аграрный университет», к публичной защите на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 4.3.1. Технологии, машины и оборудование для агропромышленного комплекса

1. Актуальность темы диссертации

Несмотря на значительный спектр известных в современных отраслях промышленности методов определения неисправностей, как и прежде актуальным остаётся вопрос широкомасштабного использования и расширения сферы применения современных цифровых устройств и приборных комплексов, ранее имевших достаточно ограниченную специфику в виде отдельных элементов контролируемых систем.

Учитывая сложность технической системы, которой является современный технологический комплекс, используемый в сельском хозяйстве, при его нахождении как в условиях ремонтно-диагностического производства, так и в движении непосредственно во время выполнения сельскохозяйственных работ, когда больше всего проявляются факториальные зависимости климатических условий, воздействие состояния поверхности движения, технологических параметров, тяговых и массогабаритных характеристик исследуемых объектов существует необходимость применения приборов, позволяющих комплексно осуществлять контроль и фиксацию их параметров в целях одновременного с выполнением производственных задач проведения контрольно-диагностических работ и получения информации о техническом состоянии объекта, его отдельных агрегатов, узлов и деталей для принятия решения по дальнейшей технической эксплуатации.

Достоверная информация позволяет принимать оптимальные управленческие решения о необходимости и объёме технических воздействий на конкретный узел и агрегат автотракторной техники, чем создаёт условия для повышения эффективности работы технической службы и агротехнологического обеспечения производственных процессов в целом.

Контрольно-диагностические работы составляют примерно 30% трудоемкости ТО и вместе с регулировочными работами включают 17 – 20% трудоемкости текущего ремонта. Однако важнейшим является то, что потребность в ремонте, а также в регулировочных работах ТО выявляется по

результатам контрольно-диагностических работ, то есть практически весь объем технических воздействий определяется качеством этих работ. Поэтому развитие всей системы ТО и ремонта автомобилей в настоящее время направлено на совершенствование методов и средств технической диагностики.

В связи с чем диссертационную работу Ус Семёна Сергеевича, направленную на повышение эффективности мобильной безразборной диагностики технического состояния автотракторной техники с использованием разработанного цифрового инклинометрического комплекса безразборной диагностики (ЦИКБД) следует считать актуальной, своевременной и перспективной для современного уровня техники в АПК.

2. Методы исследований

Исследования по теме диссертации выполнены в ФГБОУ ВО Дальневосточный ГАУ в соответствии с научно-технической программой на 2021-2025 г.г. тема 8 - «Мобильная энергетика» ФГБОУ ВО Дальневосточный ГАУ, номер государственной регистрации № 121022000099-61.

Тематика исследования доложена, обсуждена и получила одобрение на реализацию научной работы по гранту «Студенческий Стартап (очередь V)» Фонда содействия развитию малых форм предприятий в научно-технической сфере ГНО Фонд содействия инновациям, договор № 4496ГССС15-L/99613 от 12.12.2024. 22.08.2025 получен АКТ о выполнении обязательств по договору.

Теоретические исследования современного состояния средств мобильного диагностирования, поиск способов совершенствования приборно-диагностической базы предприятий и определение категории современных высокоточных цифровых приборов, обладающих соответствующими диапазонами измеряемых показателей для применения в качестве диагностического оборудования проведены с использованием метода парных сравнений, системы взвешенных критериев, анализа SWOT, алгоритмики Байеса с использованием фильтра Калмана.

В исследованиях использован математический аппарат линейного программирования и вариационного исчисления, процесс создания и модификации компьютерных программ, трёхмерное моделирование и алгоритмическое проектирование.

Экспериментальные исследования проведены в реальных условиях производственной эксплуатации. Полученные экспериментальные данные обработаны в соответствии с современными методами теории вероятностей, математической статистики и планирования экспериментальных исследований с применением специализированных программ «Blender», «Sigma Plot 15.0», «Python», «Mathcad» и «Компас 3D V23» и авторских программных продуктов.

3. Достоверность и новизна полученных результатов

В заключительной части работы приведено восемь основных выводов, являющихся итогом теоретических и экспериментальных исследований, свидетельствующих об их значимости.

Вывод первый обоснован и достоверен, сделан на основе анализа и обзора состояния рассматриваемого вопроса. Вывод отражает решения первой задачи исследования, а также современное состояние рассматриваемого вопроса включая авторские структурированные предложения.

Вывод второй посвящён решению второй задачи исследования. Вывод обоснован, достоверен, является оригинальным полученными в результате аналитических и производственных исследований, отражает преимущества выбора искомого диагностического прибора.

Вывод третий частично отражает решение второй и третьей задач диссертационного исследования. Вывод достоверен, обладает научной новизной и основывается на результатах теоретических и экспериментальных исследований.

Вывод четвёртый обоснован и достоверен содержит результаты разработки программного и технического обеспечения предлагаемого приборно-диагностического комплекса-ЦИКБД, позволяющего реализовать способ исследования технического состояния опор двигателя трактора. Отражает решение третьей и частично четвёртой задач исследования.

Вывод пятый обоснован и достоверен представляет данные экспериментальной проверки предлагаемых технических и программных решений в производственных условиях. Отражает решение четвёртой задачи диссертационного исследования.

Вывод шестой обоснован и достоверен, демонстрирует сравнительный анализ данных эксперимента и оптимальные значения углового ускорения для предложенного приборно-диагностического комплекса ЦИКБД при исследовании работоспособности опор двигателя. Приведенные результаты исследований практически значимы и в достаточной мере отражают решение четвёртой и частично пятой задач диссертационного исследования.

Выводы семь и восемь обоснованы, достоверны и содержат материалы технико-экономической и энергетической оценки проводимых исследований. Соискателем определены показатели экономической эффективности предложенного приборно-диагностического комплекса ЦИКБД. Выводы посвящены решению пятой задачи диссертационного исследования.

Представленные соискателем выводы обладают оригинальностью, практической ценностью и являются корректным основанием формирования положений научной новизны, сформулированных соискателем.

4. Ценность результатов исследований для науки и практики

Научную ценность работы определяют аналитические зависимости, позволяющие рассчитать эффективность приборного комплекса на базе высокоточных цифровых инклинометров-акселерометров для единичной и потоковой диагностической операции.

Методика трансформации исходного кода заводского программного обеспечения, обеспечивающая нормализацию передаваемых данных инклинометра-акселерометра для последующего авторского программирования

в составе ЦИКБД, предназначенного для нужд сельского хозяйства и промышленности.

Предложенные соискателем математические модели, характеризующие влияние высокоточных цифровых инклинометров-акселерометров на основные технологические параметры диагностического комплекса.

Практическая ценность работы состоит в разработанных соискателем установочных модулях датчиков ЦИКБД, адаптированных к воздействию повышенной влажности, запылённости, экстремальных температур, а также значительных силовых и вибрационных нагрузок. Сформулированы практические рекомендации для внедрения в производство.

5. Оценка содержания диссертации в целом

Диссертация состоит из введения, четырёх глав, выводов, списка литературы и приложений. Работа изложена на 261 странице, включает 34 таблицы, 117 рисунков и 48 приложений. В списке литературы содержится 173 наименования, из них 17 на иностранном языке.

Во введении обоснована актуальность работы, изложена степень её разработанности, представлены цель и задачи исследования, научная новизна, методология и методы проведённых исследований, теоретическая и практическая значимость, перечислены основные положения, выносимые на защиту, аргументирована степень достоверности и приведены данные по апробации результатов исследования.

В первой главе дан аналитический обзор средств, методов и способов мобильного диагностирования. При этом исследовано наличие и качественный состав средств механизации в агропромышленном комплексе Амурской области, проанализированы способы исследования технического состояния колёсных тракторов и сельскохозяйственных машин с применением приборно-диагностических комплексов для вибрационной диагностики, рекомендована и приведена структура диагностики (на примере машинно-тракторного агрегата (МТА)) с использованием разнонаправленных эксплуатационных приборов по проверочным рабочим блокам, предложено обоснование реализации предлагаемого ЦИКБД при диагностировании опор двигателя трактора.

Во второй главе изложены теоретические исследования и осуществлён подбор средств перспективного ЦИКБД, определены соответствия показателей, проведено обоснование преобразования математических данных и нормализации данных приборного комплекса для дальнейшего программирования в среде Python, обоснована математическая модель и осуществлено априорное ранжирование факторов эффективности проектируемого ЦИКБД, на базе датчиков WT9011DCL-BTL5.0 AHRS IMU выполнена разработка программных средств синхронизации и контроля приборных датчиков ЦИКБД, установочных модулей для приборных датчиков разрабатываемого ЦИКБД, предложены формулы расчёта коэффициента технического использования, средней удельной трудоёмкости, среднего удельного времени простоя, вычисления

производительности за цикл использования для трактора, обслуживаемого при использовании предлагаемого ЦИКБД.

При этом определение соответствия показателей и обоснование преобразования измеряемых параметров для нормализации данных приборного комплекса в отношении ранее выбранного объекта исследования осуществлялось способом трансформация исходного кода для измеряемых величин на основании первоначальных формул, относящихся к заводскому программному обеспечению прибора, что необходимо для последующего перевода в язык программирования «Python» и обработки данных.

В третьей главе приводится обоснование конструктивной сборки приборно-измерительного комплекса на примере диагностирования технического состояния опор двигателя трактора, программа исследований, алгоритмы и методика экспериментальных исследований, размещены материалы проверки работоспособности разрабатываемого ЦИКБД при диагностировании опор двигателя.

В четвёртой главе работы представлены результаты проведения авторского программирования и опытных экспериментов, сравнительный анализ полученных экспериментальных диагностических показателей, расчёт изготовления установочных модулей для приборных датчиков разрабатываемого ЦИКБД и расчёт экономической эффективности разрабатываемого ЦИКБД, приведена сравнительная топливно-энергетическая оценка диагностики с применением разработанного комплекса.

В заключении приведены выводы по итогам научной работы, рекомендации производству и перспективы дальнейшей разработки темы.

В целом диссертационная работа обладает внутренним единством, написана грамотным техническим языком. В диссертации приведены сведения о практическом использовании полученных автором научных результатов, что соответствует требованиям п.10 «Положения о присуждении ученых степеней» (постановление Правительства РФ от 24.09.2013 г. № 842).

Результаты исследований получили апробацию на научных конференциях и конкурсах различных уровней. Что соответствует требованиям п. 9 – 14 Положения о порядке присуждения ученых степеней, утвержденного постановлением Правительства Российской Федерации от 24.09.2013г. № 842 (ред. от 11.09.2021 г.), предъявляемым к диссертациям на соискание ученой степени кандидата наук.

Содержание автореферата соответствует содержанию диссертации. Полученные результаты согласовываются с поставленной целью, задачами и выводами проведённых исследований.

6. Общие замечания по работе

1. Из текста первой главы не ясно чем обусловлен выбор опор двигателя в качестве предмета исследования и источника вибрационной нагрузки?

2. В разделе 1.1 приведены данные об износе парка (57% тракторов сверх нормативного срока). Следует уточнить по какой методике определялся «нормативный срок эксплуатации» для рассматриваемой в работе техники?
3. Необходимо уточнить причину отсутствия данных о частоте отказов опор двигателя, приведенных на классификациях, раздела 1.7.
4. Какими критериями обоснован выбор датчика WT9011DCL?
5. Каким образом обеспечивается воспроизводимость результатов при установке датчиков в разных контрольных точках?
6. В формуле (2.73) введён параметр $N_{дон}$ который не раскрыт в тексте.
7. Требуется уточнения как именно экономия времени на диагностике (в часах) пересчитывается в дополнительные рабочие дни с учётом агротехнических сроков?
8. Из текста работы не ясно учитывает ли предлагаемая автором методика влияние типа и производителя опор на конечный результат диагностики?
9. В разделе 3.3 приведён только один сеанс измерений. Следует уточнить способ оценки воспроизводимости результатов при повторной установке датчиков на те же точки?
10. Необходимо пояснения, как именно соискателем в работе были использованы такие методы планирования, как SWOT-анализ, алгоритмика Байеса и фильтр Калмана.

Заключение

Диссертация Ус Семёна Сергеевича на тему «Обоснование и разработка цифрового инклинометрического комплекса для безразборной диагностики автотракторной техники» представляет собой законченную научную квалификационную работу, выполненную автором самостоятельно, обладающую внутренним единством, содержащую новые научные результаты и положения, выдвигаемые для публичной защиты, имеющую научное и практическое значение в области повышения эффективности и надёжности автотракторной техники, используемой для механизации сельского хозяйства.

Отмеченные в отзыве замечания не носят принципиального характера и могут быть устранены в процессе дальнейшей научной деятельности соискателя.

Совокупность научных положений, полученных результатов, выводов и рекомендаций, представленных в диссертационной работе, следует классифицировать как научно обоснованные технологические и технические решения задачи повышения эксплуатационной надёжности и эффективности использования автотракторной техники, внедрение которых вносит значимый вклад в развитие экономики сельскохозяйственной отрасли страны.

Полученные автором результаты в основном достоверны, а общие выводы – обоснованы. По каждой главе в работе сделаны соответствующие общие и частные выводы. Исследование базируется на достоверных исходных данных, примерах и расчетах, написана технически грамотно и оформлена аккуратно. Автореферат соответствует основному содержанию диссертации.

Диссертационная работа отвечает требованиям раздела II «Положения о присуждении ученых степеней» (постановление Правительства РФ от 24.09.2013 г. № 842), а её автор Ус Семён Сергеевич заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 4.3.1. Технологии, машины и оборудование для агропромышленного комплекса.

Официальный оппонент

доктор технических наук, доцент, профессор кафедры «Приборостроение и биомедицинская инженерия» федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Донской государственный технический университет»

Николай
Владимирович
Лимаренко

07 мая 2026 года

Подпись доктора технических наук, доцента, профессора кафедры «Приборостроение и биомедицинская инженерия» ФГБОУ ВО «Донской государственный технический университет» Н.В. Лимаренко заверяю:

Учёный секретарь Учёного Совета ДГТУ

В.Н. Анисимов



Николай Владимирович Лимаренко – доктор технических наук по специальности 05.20.01 – Технологии и средства механизации сельского хозяйства, доцент, федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Донской государственный технический университет».

Адрес: 344003, г. Ростов-на-Дону, пл. Гагарина, 1, тел.: +7(863) 273-85-18, +7 (989) 709-15-95.

E-mail: nlimarenko@donstu.ru