

«УТВЕРЖДАЮ»

Проректор по стратегическому  
развитию ФГБОУ ВО «Российский  
государственный университет  
народного хозяйства имени  
В. И. Вернадского»

Тихонов Андрей Иванович



03 2026 г.

### ОТЗЫВ

ведущей организации – Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Российский государственный университет народного хозяйства имени В. И. Вернадского» на диссертационную работу Ступина Олега Александровича на тему: «Разработка комбинированного метода вибродиагностирования гидравлических насосов сельскохозяйственной техники», представленную на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 4.3.1. Технологии, машины и оборудование для агропромышленного комплекса, в диссертационный совет 35.2.030.03 на базе ФГБОУ ВО «Российский государственный аграрный университет - МСХА имени К.А. Тимирязева».

### Актуальность темы диссертации

Современное сельскохозяйственное производство базируется на широком применении мобильных энергетических средств и машин, оснащенных гидравлическими системами. Гидропривод обеспечивает

выполнение основных технологических операций – от навески орудий до рулевого управления и привода рабочих органов. Отказ одного элемента гидросистемы, и особенно гидравлического насоса как источника энергии, ведет к остановке машины и срыву агротехнических сроков, что сопряжено с прямыми экономическими потерями. Статистика показывает, что до 15% отказов сельскохозяйственной техники приходится на гидросистемы, причем значительная доля связана с гидравлическими насосами.

Традиционная стратегия планово-предупредительных ремонтов не позволяет предотвратить внезапные отказы, поскольку дефекты развиваются под влиянием случайных эксплуатационных факторов. В этих условиях актуальной становится задача прогнозирования остаточного ресурса деталей, базирующаяся на объективных методах диагностирования. Среди перспективных направлений диагностирования гидравлических систем выделяется вибрационный метод, позволяющий оценивать техническое состояние узлов и деталей без разборки. Однако применение вибродиагностирования для гидравлических насосов сельскохозяйственной техники ограничено сложностью обработки нестационарных сигналов в условиях высокого уровня помех от работы двигателя и трансмиссии, а также необходимостью выделения информативных признаков на фоне шумов.

Таким образом, диссертационная работа Ступина Олега Александровича, направленная на разработку комбинированного метода вибродиагностирования, сочетающего спектральный анализ, интеллектуальный отбор признаков и нечеткую классификацию, является своевременной и актуальной, поскольку ориентирована на повышение эффективности эксплуатации техники за счет раннего выявления дефектов гидравлических насосов.

### **Научная новизна результатов диссертационного исследования**

В диссертации получены следующие новые научные результаты:

- Предложен комбинированный диагностический метод, в котором совместно используются анализ спектральной плотности мощности

вибросигнала, алгоритм деревьев решений J48 для отбора информативных параметров и аппарат нечеткой логики для классификации технических состояний шестеренных гидравлических насосов, что позволяет повысить достоверность распознавания дефектов при нестационарных режимах.

- Разработан алгоритм предварительной обработки сигналов, включающий адаптивную фильтрацию помех с использованием фильтра Баттерворта четвертого порядка, нормализацию амплитуд методом Z-score и расчет спектральной плотности мощности по методу Уэлча, обеспечивающий устойчивость при различных режимах работы.

### **Значимость полученных автором диссертации результатов для науки в инженерной сфере АПК**

Значимость полученных автором диссертации результатов для науки в инженерной сфере АПК заключается в разработке научно обоснованного комбинированного метода вибродиагностирования гидравлических насосов, объединяющего анализ спектральной плотности мощности, интеллектуальный отбор информативных признаков на основе алгоритма деревьев решений J48 и нечёткий логический вывод для классификации технических состояний. Предложенные технические решения обеспечивают повышение достоверности распознавания дефектов (износ торцов зубьев, опорных подшипников и их комбинаций) в условиях нестационарных режимов работы и высокого уровня помех, характерных для сельскохозяйственной техники. Реализован алгоритмический и программный комплекс, включающий адаптивную фильтрацию сигналов, расчёт спектральной плотности мощности методом Уэлча и формирование комбинированного индекса дефектности, что позволяет достичь точности классификации дефектов до 92–96 % при различных скоростных режимах. Научная новизна подтверждена пятью свидетельствами о государственной регистрации программ для ЭВМ (в том числе для шестерённых, аксиально-поршневых, пластинчатых и радиально-поршневых насосов), что

свидетельствует о высоком уровне инновационности и готовности разработки к промышленному внедрению в систему технического сервиса АПК России.

### **Рекомендации по использованию результатов исследования**

Результаты диссертационного исследования рекомендуется использовать на предприятиях технического сервиса агропромышленного комплекса, в ремонтных мастерских сельскохозяйственных организаций и дилерских центрах, осуществляющих обслуживание гидрофицированной техники. Внедрение разработанного программного комплекса автоматизированного вибродиагностирования позволяет проводить оценку технического состояния гидравлических насосов без их разборки, выявлять дефекты на ранних стадиях развития и перейти к системе технического обслуживания по фактическому состоянию. Применение комбинированного метода вибродиагностирования обеспечивает сокращение времени на устранение последствий отказов гидравлических насосов на 15–45 %, снижение затрат на ремонт на 30–70 % и получение годового экономического эффекта до 237,9 тыс. рублей на один трактор типа МТЗ-82, что подтверждает экономическую целесообразность и практическую применимость разработки.

Полученные научно-технические решения могут быть использованы в учебном процессе аграрных и технических вузов Российской Федерации при подготовке бакалавров и магистров по направлениям подготовки «Агроинженерия», «Эксплуатация транспортно-технологических машин и комплексов», а также при подготовке кадров высшей квалификации по научной специальности 4.3.1. «Технологии, машины и оборудование для агропромышленного комплекса». Разработанные интерактивные тренажёры и программные комплексы могут применяться при проведении лабораторных и практических занятий, в системе повышения квалификации инженерно-технических работников АПК.

## Оценка содержания диссертации

Диссертационная работа Ступина О.А. изложена на 209 страницах машинописного текста, состоит из введения, пяти глав, заключения, списка литературы и приложения, содержит 61 рисунок и 16 таблиц.

*Во введении* автором обоснована актуальность темы, связанная с высокой долей отказов гидравлических насосов в структуре простоев сельскохозяйственной техники. Корректно сформулированы цель и задачи исследования, объект и предмет, показана научная новизна и практическая значимость работы.

*В первой главе* «Теоретико-методологические предпосылки развития диагностирования технических систем» проведен анализ эволюции систем технического обслуживания. Автор систематизировал современные методы обработки вибросигналов (временной, частотный, частотно-временной анализ) и методы отбора диагностических признаков. Обзор литературы позволил обоснованно выбрать направление собственных исследований и доказать неэффективность классических методов для нестационарных режимов работы сельхозтехники.

*Вторая глава* «Анализ методов вибродиагностирования гидравлических систем» фокусируется на специфике гидравлических насосов. Автором детально рассмотрены современные интеллектуальные подходы к диагностике неисправностей, основанные на обработке сигналов и машинном обучении. Выявлены основные ограничения существующих методов, что позволило сформулировать требования к разрабатываемому комбинированному методу вибродиагностирования.

*В третьей главе* «Разработка комбинированного метода вибродиагностирования гидравлических насосов» представлена ключевая научная новизна работы. Автором предложен и экспериментально обоснован метод, основанный на анализе спектральной плотности мощности вибросигнала, алгоритма деревьев решений J48 для отбора информативных признаков и формирования заключения, используя систему нечеткой логики

(СПМ-Ј48-СНЛ). Особый интерес представляет прописанный алгоритм: от расчета спектральной плотности мощности и извлечения статистических признаков до их интеллектуального отбора с помощью дерева решений Ј48 и построения нечеткого классификатора. Экспериментальная часть, выполненная на насосе НШ-32А, подтвердила высокую точность метода (92,9-96,4%) для различных скоростных режимов и типов дефектов.

*Четвертая глава* «Разработка программного комплекса автоматизированного вибродиагностирования». Предложенная трехуровневая архитектура (обработка сигналов, диагностический, интерфейсный) обеспечивает гибкость и масштабируемость. Автором математически описаны все этапы: предварительная фильтрация (фильтр Баттерворта 4-го порядка), нормализация (Z-score), спектральный анализ (метод Уэлча), расчет 12 диагностических параметров и формирование комбинированного индекса дефектности. Тщательная верификация программы (сравнение с эталонным анализатором, тесты на зашумленных сигналах, регрессионный анализ) подтвердила ее работоспособность и точность, средняя точность диагностирования дефектов 90,0%.

*В пятой главе* «Экономическое обоснование внедрения разработанного комбинированного метода» показана эффективность перехода от планово-предупредительной системы к обслуживанию по фактическому состоянию на основе разработанного метода. Расчеты, выполненные для условий сельхозпредприятия СПК «Стрелецкий» Тульской области, подтвердили годовой экономический эффект в размере 237,9 тыс. рублей на один трактор за счет сокращения затрат на ремонт и простоев техники.

### **Замечания по диссертационной работе**

1. Выбор шестеренного насоса НШ-32А в качестве объекта исследований представляется обоснованным ввиду его распространенности. Однако, требует пояснения возможность применения разработанного метода для диагностирования гидравлических насосов иных типов (аксиально-

поршневых, пластинчатых), также широко используемых в современной сельскохозяйственной технике.

2. В тексте диссертации следовало бы более подробно раскрыть методику выбора диапазонов частот, в которых рассчитывались энергетические диагностические признаки, поскольку от этого напрямую зависит чувствительность метода к различным видам дефектов.

3. В экспериментальной части исследования использовался пьезоэлектрический акселерометр. Чем обоснован выбор конкретного места его установки на корпусе насоса?

4. При описании методики проведения экспериментов не указано, учитывалось ли изменение нагрузки на насос (рабочее давление в гидросистеме) как отдельный фактор, влияющий на вибрационные характеристики.

5. При проведении экспериментов контролировались частота вращения и техническое состояние насоса. Учитывалось ли возможное влияние таких факторов, как температура рабочей жидкости и ее загрязненность, на вибрационные характеристики?

6. При эксплуатации сельскохозяйственной техники, в том числе трактор МТЗ-82.1 агрегатируется с различным навесным и прицепным оборудованием, что приводит к изменению режимов работы гидросистемы. Требуется ли перенастройка разработанного метода диагностирования при смене сельскохозяйственных орудий или изменении вида выполняемых операций?

**Заключение о соответствии диссертационной работы критериям,  
установленным Положением о присуждении ученых степеней**

Заслушав доклад соискателя и рассмотрев соответствие представленной работы требованиям ВАК, принято коллегиальное решение, что диссертационная работа Ступина Олега Александровича, на тему «Разработка комбинированного метода вибродиагностирования гидравлических насосов сельскохозяйственной техники» является

самостоятельно выполненной научно квалификационной работой, в которой изложено новое научно обоснованное техническое решение, имеющее практическое значение для развития агропромышленного комплекса России. Диссертация полностью отражает содержание работы и позволяет сделать выводы об объеме научных исследований и полученных результатах. Результаты исследования опубликованы в рецензируемых научных изданиях, Ступин О.А. корректно ссылается на авторов и источники заимствования использованных данных. Представленная диссертация соответствует критериям п.п. 9-11 и 13 Положения о присуждении ученых степеней (Постановление Правительства РФ от 24.09.2013 г. № 842), предъявляемым к диссертациям на соискание ученой степени кандидата наук, а её автор, Ступин Олег Александрович, заслуживает присуждения учёной степени кандидата технических наук по специальности 4.3.1. Технологии, машины и оборудование для агропромышленного комплекса (технические науки).

Диссертационная работа и автореферат рассмотрены, обсуждены и одобрены на расширенном заседании кафедры технологического развития систем жизнеобеспечения сельских территорий факультета информационного и технического сервиса Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Российский государственный университет народного хозяйства имени В. И. Вернадского», протокол №9 от 26 марта 2026 г.

Отзыв составили:

И.о. заведующего кафедрой  
«Технологического развития систем  
жизнеобеспечения сельских территорий»,  
кандидат технических наук, доцент

Сивцов Валерий  
Николаевич

Профессор кафедры  
«Технологического развития систем  
жизнеобеспечения сельских территорий»,  
доктор технических наук, профессор

Гаджиев Парвиз  
Имран-оглы

143907, МО, г.о. Балашиха, ул. Ш. Энтузиастов 50  
Тел.: 521-24-64  
143900, МО, г.о. Балашиха, ул. Ю. Фучика, дом 1  
Тел.: 521-24-64

Начальник  
Управления персоналом

«26» 03 2026 г.

Андреанова Е.Г.

mail@rgunh.ru

