

## Отзыв официального оппонента

на диссертацию Незнанова Александра Ивановича «Маятниковый датчик контроля уровня железнодорожного пути с ультразвуковым съёмом информации», представленной к защите на соискание учёной степени кандидата технических наук по специальности 05.11.13 — Приборы и методы контроля природной среды, веществ, материалов и изделий.

### Актуальность темы

Одно из ведущих мест в общей структуре транспорта по величине грузопассажирооборота занимают железнодорожные перевозки. Безопасность, бесперебойность движения, уровень комфорта пассажиров в значительной мере зависят от состояния пути. Неисправный путь может создать аварийную ситуацию, вызвать задержки и сбои в движении поездов. Отрицательное воздействие неровностей пути на поездные бригады и пассажиров выражается в существенном повышении уровней шума и вибрации в подвижном составе. Также можно отметить, что при прохождении колесными парами неровностей пути возникают значительные динамические нагрузки, следствием этого является преждевременный износ ходовых частей. Таким образом, задача поддержания исправного состояния пути является очень важной. Для её решения необходимо производить систематический контроль и текущее содержание железнодорожного пути.

В настоящее время эта задача решается с помощью датчиков уровня уже непосредственно в процессе работы машины. В датчиках уровня применяется различный съём информации с чувствительного элемента. Известны датчики с потенциометрическим, электромагнитным, магнитным, оптическим съёмом. Каждому типу съёма информации присущи свои достоинства и недостатки, например потенциометрические датчики обладают небольшим сроком службы, оптические датчики чувствительны к загрязнению оптических элементов, электромагнитные датчики имеют сложную электронную схему и т.п.

Автором предложен новый тип съёма информации о положении маятника – ультразвуковой. Новый способ потребовал решения новых, сложных научно-технических задач. Поэтому считаю, что тема работы Незнанова Александра Ивановича, несомненно, является актуальной.

Диссертация состоит из введения, пяти глав, заключения, списка литературы, приложений.

**Введение** содержит общую характеристику работы, сформулированы её актуальность, цели и задачи исследования, научные положения, выносимые на защиту. Отмечен личный вклад автора, который не вызывает сомнений, что диссертация является самостоятельной научной и инженерно-технической работой Незнанова А.И.

**В первой главе** приведён обзор методов и средств контроля уровня железнодорожного пути.

Рассмотрены условия эксплуатации датчиков, приведён Анализ существующих средств измерения и контроля уровня железнодорожного пути, анализ публикаций по теме.

В работе приведены конструктивные схемы датчиков уровня. Рассмотрены их характеристики, достоинства и недостатки.

Целью работы является улучшение динамических характеристик средств контроля уровня железнодорожного пути, позволяющее повысить эксплуатационные характеристики устройств текущего содержания железнодорожного пути.

В результате определен объект исследования в виде устройства с механической маятниковой подсистемой и ультразвуковым датчиком положения. Грамотно поставлены задачи диссертационной работы. Задачи поставлены как теоретические в виде разработки математических моделей так и практические в виде разработки опытных образцов датчиков.

**Во второй главе рассмотрены:** принцип построения маятникового датчика контроля уровня железнодорожного пути с ультразвуковым съёмом информации, теоретические положения ультразвуковой подсистемы датчика, проведено исследование влияния конструктивных параметров на

статическую характеристику датчика. В результате разработаны принципиальные схемы датчика с ультразвуковым съемом информации о угле отклонения маятника. Получена математическая модель, описывающая распространение ультразвуковых волн в полости датчика, на основании которой рассчитывается статическая характеристика датчика. Проанализировано влияние конструктивных параметров, например, диаметра и резонансной частоты пьезоэлементов на форму характеристики датчика. Например описано увеличение чувствительности датчика с увеличением частоты ультразвука при одном и том же диаметре пьезоэлементов.

**В третьей главе** проводится исследование динамических характеристик датчика контроля уровня пути с маятниковым механическим чувствительным элементом, полностью погруженным в жидкость. Здесь на базе разработанной математической модели «механической» части датчика, совместно с выбранной демпфирующей жидкостью, влияние которой также описано.

Приведена математическая модель движения маятникового механического чувствительного элемента в полости, полностью заполненной однородной жидкостью, в условиях трехкомпонентной вибрации. Далее рассчитаны параметры амплитудно-частотной характеристики датчика уровня. Показана эффективность применения виброзащитных платформ для датчиков уровня, работающих в условиях вибрации. Также определена необходимость применения аналогового или цифрового фильтра нижних частот. Проведено сравнение разработанного датчика с аналогами.

**Четвёртая глава** посвящена исследованию точности маятникового датчика контроля уровня железнодорожного пути с ультразвуковым съемом информации. Анализ источников погрешности датчика показал следующие источники погрешности:

- погрешность, вызванная неточностью изготовления корпуса датчика;
- нестабильность амплитуды входного сигнала пьезомодуля;
- нестабильность частоты входного сигнала пьезомодуля;
- температурная зависимость скорости звука в жидкости;

- температурная нестабильность коэффициента ослабления ультразвука в жидкости

- температурная нестабильность пьезомодуля.

Подробно описано исследование влияния температуры на точность датчика. Показано что точность поддержания температуры при термостатировании должна составлять 1-2 градуса. При этом определен конкретный температурный диапазон на температурной характеристики датчика.

**Пятая глава:** В этой главе приводится описание конструкции экспериментального датчика, методики проведения экспериментальных исследований приведены результаты экспериментов. Описаны стенды, позволяющие осуществить экспериментальные исследования статической, динамических и точностных характеристик датчика, а также приведены результаты экспериментальных исследований, позволившие сделать вывод об адекватности теоретических моделей и зависимостей, полученных в предыдущих разделах.

В **Заключении** перечислены основные результаты диссертационной работы, также приведены пути дальнейшего совершенствования данного прибора.

**Приложения** содержат: фотокопии патентов полученных автором доказывающие оригинальность полученных результатов. Справочные данные по жидкостям. Разработанный цифровой фильтр ФНЧ. Акты внедрения диссертационной работы.

Из рассмотрения текста диссертации следует, что её тема и содержание полностью соответствуют специальности 05.11.13 – Приборы и методы контроля природной среды, веществ, материалов и изделий.

**Автореферат** достаточно полно отражает содержание и результаты диссертации.

**Оценка новизны и достоверности**

Научная новизна диссертационной работы А.И. Незнанова состоит в:

1. Разработке математической модели ультразвуковой подсистемы датчика, позволяющая определить его статические характеристики.
2. методики расчёта статических, динамических и точностных характеристик датчика с ультразвуковым съёмом информации, в котором маятниковый механический чувствительный элемент полностью погружен в однородную вязкую жидкость.
3. Новым научным результатом работы являются результаты исследования составляющих погрешности датчика. Предложены и теоретически обоснованы методы уменьшения составляющих основной и дополнительной статической погрешности датчика, позволяющие уменьшить предельную абсолютную погрешность до допустимого значения  $\pm 1,14$  угл. мин в диапазоне рабочих температур от минус 10 до плюс 40 °С.

Достоверность результатов диссертации подтверждается совпадением результатов теоретических и экспериментальных исследований, а также успешной практической реализацией основных технических решений, приведённых в работе.

### **Практическая значимость диссертационной работы**

Практическая значимость работы заключается в следующем:

1. Получены и проанализированы статические характеристики опытных образцов датчика. Исследуемый датчик позволяет обеспечить чувствительность 17,8 мВ/угл. мин при напряжении питания электрической цепи 5 В (для сравнения у прибора ELT133.00 чувствительность 12 мВ/угл. мин при напряжении питания электрической цепи 24 В).
2. Разработаны и созданы экспериментальные комплексы для исследования статических динамических и точностных характеристик датчика включающие опытные образцы датчиков, специально созданные средства измерений испытаний стандартные электроизмерительные приборы типовое и оригинальное программное обеспечение. Анализ результатов проведённых с помощью указанных комплексов экспериментальных исследований, показал

адекватность полученных математических моделей подсистем датчика и выражений для расчёта его метрологических характеристик.

3. Получено два патента РФ на изобретение: №2392585 и №2517785.

### **Оценка содержания и оформления диссертационной работы**

Диссертация оформлена в соответствии с требованиями стандартов. Работа состоит из введения, пяти глав, общих выводов и заключения, списка использованной литературы из 98 источников. Общий объем работы составляет 116 страниц машинописного текста и содержит 49 рисунков, 5 таблиц и 5 приложений.

По теме диссертации 13 научных работ и 5 статей в изданиях, входящих в Перечень ВАК РФ.

### **Замечания по диссертационной работе**

1. В выводах по главе 3 указана методика экспериментального определения параметров рабочей жидкости, считаю, что приводить данную методику в диссертации так подробно излишне.

2. Вывод 4 по главе 3 излишний так как явление вибрационного сдвига нуля известно.

3. В четвёртой главе указано, что термостатирование должно осуществляться с точностью 1-2 градуса, однако не объяснено достижима ли эта точность термостатирования при существующих массогабаритных характеристиках датчика.

4. В качестве рабочей среды в датчике используется масло, а в аналогах используется полиметилсилоксановая жидкость, физические свойства которой менее подвержены влиянию температуры.

Замечания носят уточняющий и рекомендательный характер.

### **ЗАКЛЮЧЕНИЕ**

Диссертационная работа А.И. Незнанова безусловно является самостоятельной, завершённой научно-квалификационной работой,

содержащей решение актуальной задачи создания датчика уровня негоризонтальности железнодорожного полотна с ультразвуковым съёмом информации. Диссертация отвечает требованиям Положения о порядке присуждения учёных степеней, предъявляемым к кандидатским диссертациям, а её автор, Александр Иванович Незнанов, заслуживает присуждения ему учёной степени кандидата технических наук по специальности 05.11.13 – Приборы и методы контроля природной среды, веществ, материалов и изделий.

**Сведения о составителе отзыва:**

ФИО: Алалуев Роман Владимирович

Учёная степень: кандидат технических наук

Место работы: Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Тульский государственный университет»

Должность: доцент кафедры «Приборы управления»

**Контактные данные:**

Почтовый адрес: 300012, г. Тула, пр. Ленина, 92

Телефон: тел. (4872) 35-81-81

E-mail: [info@tsu.tula.ru](mailto:info@tsu.tula.ru)

Официальный оппонент,

кандидат технических наук

(Научная специальность 05.11.17

«Приборы, системы и изделия

медицинского назначения)

Подпись Алалуева Р.В. заверяю

*Н.С. Начальник отдела кадров*



*[Handwritten signature]*  
Алалуев Р.В.

*[Handwritten signature]*  
А.В. Меркулова