

## ОТЗЫВ

официального оппонента - Грязина Д.Г. на диссертацию Незнанова Александра Ивановича, выполненную на тему «Маятниковый датчик контроля уровня железнодорожного пути с ультразвуковым съёмом информации» и представленную на соискание учёной степени к.т.н. по специальности 05.11.13 — Приборы и методы контроля природной среды, веществ, материалов и изделий

### Актуальность темы диссертации

Диссертация посвящена созданию и исследованиям маятникового датчика путеизмерительной машины, работающей в составе поезда для выправки железнодорожного пути во время его движения. Целью работы является «улучшение динамических характеристик средств контроля уровня железнодорожного пути, позволяющее повысить эксплуатационные характеристики устройств текущего содержания железнодорожного пути».

Актуальность темы диссертации обусловлена необходимостью создания в условиях рынка дешёвых путеизмерительных приборов с характеристиками, обеспечивающими требования к измерениям параметров железнодорожного пути для высокоскоростных поездов.

### Содержание диссертации

Диссертация включает введение, пять глав, заключение и приложения.

Первая глава посвящена анализу методов и средств контроля железнодорожного пути. В ней производится анализ условий эксплуатации датчиков контроля уровня железнодорожного пути, анализируются известные средства измерений и литература по теме диссертации.

Во второй главе предложена конструкция датчика углового положения путеизмерительной тележки. Датчик представляет собой маятниковый акселерометр без обратной связи с угловым движением чувствительной массы, демпфированной в вязкой жидкости. Для подвеса чувствительной массы использован торсион, а для определения углового положения короткопериодного маятника с чувствительной массой внутри корпуса датчика, предложено применить ультразвуковую акустическую систему. В этом разделе диссертации исследуется работа ультразвуковой системы съёма информации и влияние конструктивных элементов на статическую характеристику датчика. Конструкция датчика защищена двумя патентами на изобретения.

Третья глава посвящена исследованиям работы датчика в режиме его функционирования. Для этого предложена математическая модель, позволяющая оценить динамические характеристики датчика. Исследовано влияние вибрации основания на точность измерительной системы. Характерной особенностью предложенной модели является учёт присоединённого жидкостью момента инерции и коэффициента сопротивления при расчёте частотных характеристик измерительной системы.

Четвёртая глава посвящена анализу составляющих погрешностей датчика и выработке предложений по их уменьшению. Исследуются технологические погрешности изготовления деталей, погрешности снятия измерительной информации и температурная погрешность датчика.

В пятой главе предложены материалы, посвящённые разработке макета датчика, методам и средствам исследования его характеристик и анализу полученных результатов. Следует отметить, что для исследования динамических характеристик и температурной погрешности датчика использованы специальные стенды и разработаны оригинальные методики.

В работе автор подробно обсуждает ряд принципиальных технических вопросов. Анализ материалов диссертации показывает, что исследования производятся вдумчиво и с необходимой тщательностью. Диссертация обладает внутренним единством, логичностью и последовательностью изложения. В конце диссертации сделаны общие выводы по работе. Библиографический список включает 98 наименований, в том числе работы автора.

#### Научная новизна

Заключается в предложенных:

1. Конструкции датчика. Новизна подтверждена двумя патентами на изобретения.
2. Математической модели функционирования датчика на основе уравнения второго порядка, учитывающего присоединённый момент инерции от жидкости и коэффициент углового демпфирования и их использовании для динамического анализа измерительной системы.
3. Ультразвуковой акустической системе получения информации об угловом положении маятника и методе её расчёта
4. Результаты исследований влияния кривой вибрации на погрешности измерений датчика.

#### Обоснованность и достоверность научных положений и выводов, научная значимость результатов

Научные результаты диссертации в целом получены на основе корректного применения основных положений механики, теории упругости, математических методов анализа, методов программирования и имитационного моделирования к решаемой автором задаче.

Научная значимость результатов определяется общностью доказанных научных положений.

#### Практическая ценность работы и рекомендации по использованию результатов

Практическая ценность работы заключается в возможности оценки основных свойств предложенного датчика на этапе создания путеизмерительных машин, что существенно упрощает их разработку и снижает риск принятия неверных технических решений на начальном этапе проектирования. Практическую ценность также составляют предложенные методы контроля характеристик датчика.

#### Стиль работы, автореферат, публикации

Содержание работы достаточно точно отражено в автореферате, включающем 18 страниц текста.

Диссертация, и автореферат написаны грамотным техническим языком, по тексту имеется достаточное количество иллюстраций, облегчающих понимание излагаемого материала.

Основные положения работы опубликованы и обсуждались на конференциях разного уровня.

## Замечания по работе

По работе могут быть сделаны следующие замечания.

1. Во введении автор утверждает, что допускаемая поперечная негоризонтальность составляет 4,6 угл. мин., что эквивалентно превышению одного рельса над другим 2 мм при базе колеи 1520 мм. В то же время в разделе 2.1.18. документа «Технические требования и нормы содержания железнодорожных путей промышленного транспорта, утверждённые Минтрансом России № АН-132-Р от 31.03.2003» указано, что «Рельсовые нити на прямых участках должны быть расположены в одном уровне. Разрешается на прямых участках содержать путь по уровню с возвышением на 6 мм одной нити над другой». Таким образом, утверждение соискателя не соответствует содержанию регламентирующего документа.

2. При проведении обзора состояния вопроса автор допускает ряд упущений, неточностей и некорректных суждений. В частности:

а) Для анализа достоинств и недостатков существующих приборов в табл. 1.2.1 соискатель приводит сравнительные характеристики достаточно давно уже известных средств контроля уровня железнодорожного пути. При этом среди прочих указывается и на датчик ИН-2, построенный на основе короткопериодного маятника и разработанный около двадцати лет назад на кафедре приборов управления Тул ГУ. При этом в таблице 1.2.1 отсутствуют более современные приборы.

б) На стр. 18 диссертации имеется утверждение о том, что «В основу датчиков, которые реализуют компенсационный метод измерения, положены микромеханические акселерометры, имеющие малый период собственных колебаний. Вследствие этого они очень восприимчивы к высокочастотным вибрационным возмущениям, и в итоге выходной сигнал датчика сильно искажается». Следует отметить, что в России и в мире серийно выпускается значительное количество компенсационных акселерометров, предназначенных для работы в условиях подвижных объектов имеющих вибрации, их метрологические характеристики и условия работы нормируются. В соответствие с приведёнными характеристиками они работают с известной погрешностью в заданном диапазоне частот, что обеспечивается методами их испытаний. Обеспечение метрологических характеристик акселерометров в условиях работы на вибрации достигается путём подбора степени успокоения подвижной системы и амортизации датчиков. В случае возникновения дополнительных погрешностей сигнал обычно фильтруется, что также позволяет избавиться от дополнительных погрешностей.

в) . В разделе 1.1 приводится суждение о том, что «Кроме того, как отмечено в работе [2] фазочастотная характеристика приборов компенсационного типа (маятниковых акселерометров) в рабочей полосе частот значительно хуже, чем у приборов прямого измерения». Следует отметить, что анализ текста указанной книги, показывает, что в ней отсутствует такое утверждение.

г) В обзоре состояния вопроса автор пренебрёг классом приборов, выполняющих измерения геометрии железнодорожного пути в статическом режиме. Во введении он утверждает, что на сегодняшний день базовым измерителем негоризонтальности железнодорожного пути является прибор ELT-133.00 австрийской фирмы «Plasser&Theurer», построенный на основе механического маятника и реализующий тем самым прямой метод измерения. В тоже время на железных дорогах в основном массово применяются путеизмерительные шаблоны типа ЦУП, ШП и др. отечественного производства. Эти приборы имеют механическую систему и пузырьковый уровень, их

стоимость не превышает 15 т.р. Не рассматриваются и достижения таких учёных как Боронахин А.М, Лукьянов Д.П, Филатов Ю.В. создавших путеизмерительные машины на основе инерциальных методов измерений с использованием гироскопических вертикалей.

3. На стр. 50 сделаны допущения о малости углов отклонения маятника от корпуса, установленного в горизонтальной плоскости и от вертикали, и принятии синуса отклонения угла за угол, а косинуса за единицу. Однако малое отклонение маятника акселерометра разомкнутого типа под воздействием возмущения свидетельствует о его значительном пороге чувствительности. В диссертации отсутствует исследование порога чувствительности датчика, который легко мог бы быть исследован путём использования метода разворота датчика в гравитационном поле Земли.

4. В разделе 3.2 посвящённом определению присоединённому моменту инерции маятника в вязкой жидкости справедливо отмечено, что эти параметры следует измерять путём записи собственных колебаний тела в реальной жидкости и вычисления из записей искомого параметра. Однако следует отметить, что значения присоединённого момента инерции, также как и коэффициента углового демпфирования (сопротивления) являются функциями скорости. В условиях угловых колебаний тела в воде эти функции квадратично зависят от скорости движения маятника в жидкости, в условиях колебаний в вязкой жидкости зависимость может быть и более сложной. Таким образом, для вычисления динамических характеристик датчика следует брать значения указанных коэффициентов, являющихся функциями, полученные для каждой конкретной скорости, при которой ведётся расчёт. Исследования зависимостей присоединённого момента инерции и коэффициента сопротивления от скорости в диссертации отсутствует. Также не ясно, зачем в разделе 3.3 соискатель оперирует понятием собственной частоты колебаний недемпфированной системы в жидкости (стр. 52). Вызывает сомнение справедливость такого подхода исходя из физических принципов. В связи с отмеченными особенностями исследований не ясно, каким именно образом и для каких скоростей колебаний первичного преобразователя рассчитаны кривые 3.3.1 - 3.3.4 и насколько они соответствуют реальности.

5. При рассмотрении составляющих погрешности измерений в главе 4 не исследуется погрешность от влияния звукового давления ультразвуковой акустической системы на первичный преобразователь акселерометра, который в процессе измерений будет расположен под разными углами к акустическому датчику. На стр. 64 в начале главы 4 автор утверждает, что «максимальная погрешность датчика не должна превышать 1 угл. мин, что при диапазоне измерений датчика  $3^\circ$  составляет 0,6 %, а для диапазона контроля негоризонтальности пути  $1^\circ$  соответственно 1,7 %». Таким образом, эта погрешность, зависящая от мощности излучения ультразвуковой волны, представляется значимой.

6. Из представленных в диссертации материалов не ясно, каким именно образом были оценены метрологические характеристики испытательных стендов, предложенных на стр. 86, 91 и на рис. 5.2.6.

7. В заключении не приведены технические характеристики разработанного датчика и условия его эксплуатации.

## Выводы

Несмотря на сделанные замечания, работа производит благоприятное впечатление. Представляется, что пути исследования и технические решения, предложенные в диссертации, выбраны руководителем, а соискатель лишь подробно их проработал. Вызывает уважение детальность проработки этих решений, грамотное и последовательное изложение материала, хороший технический язык диссертации.

Таким образом, диссертация Незнанова Александра Ивановича, выполненная на тему «Маятниковый датчик контроля уровня железнодорожного пути с ультразвуковым съёмом информации» и представленную на соискание учёной степени к.т.н. представляет собой законченную научно-квалификационную работу, сделана на актуальную тему, содержит решение научной задачи, обладает научной новизной и практической ценностью. По названию, решаемым задачам и полученным результатам рассматриваемая диссертация соответствует области исследования паспорта специальности 05.11.13 Приборы и методы контроля природной среды, веществ, материалов и изделий (п. 3).

Диссертация отвечает требованиям п. II постановления правительства РФ №842 от 24 сентября 2013 г. «О порядке присуждения ученых степеней», а ее автор, Незнанов А.И. заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук

Официальный оппонент,  
главный метролог, начальник отдела  
АО «Концерн «ЦНИИ «Электроприбор»  
доцент, доктор технических наук по специальности  
05.11.01 приборы и методы измерений по видам  
измерений (механические величины)

Адрес: 197046 Санкт-Петербург,  
ул. Малая Посадская 30  
тел. (812) 499-83-38 e.mail: gdg@mt.IFMO.ru

Подпись д.т.н. Грязина Д.Г. заверяю.

Учёный секретарь АО «Концерн «ЦНИИ «Электроприбор»

Грязин Д.Г.

28.04.2018



Литманович Ю.А.