



Министерство транспорта Российской Федерации  
Федеральное агентство железнодорожного транспорта  
федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования  
**«ДАЛЬНЕВОСТОЧНЫЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ  
УНИВЕРСИТЕТ ПУТЕЙ СООБЩЕНИЯ»**  
(ДВГУПС)



Certified by Russian Register

680021, Россия, г. Хабаровск, Серышева, 47  
Телефон: (4212) 40-75-17, (4212) 40-75-06  
Факс: (4212) 40-74-10. E-mail: [root@festu.khv.ru](mailto:root@festu.khv.ru)



УТВЕРЖДАЮ

И.о. проректора по научной  
работе

Едигарян А.Р.

« 23 »

2016 г.

## ОТЗЫВ

**федерального государственного бюджетного образовательного учреждения  
высшего образования «Дальневосточный государственный университет  
путей сообщения» - ведущей организации  
по диссертации Лакина Игоря Игоревича «Мониторинг технического  
состояния локомотивов по данным бортовых аппаратно-программных  
комплексов», представленной на соискание учёной степени кандидата  
технических наук по специальности 05.22.07 - Подвижной состав железных  
дорог, тяга поездов и электрификация**

### 1. Актуальность темы исследования.

В соответствии с программой структурной реформы на железнодорожном транспорте отделена функция эксплуатации от функции технического обслуживания и ремонта локомотивов, которая с 1 июля 2014 года передана сервисным компаниям, не входящим в состав ОАО «РЖД». Доход сервисных компаний зависит не от объёма выполненных работ, а от полезного пробега магистральных и часов работы маневровых локомотивов. Следовательно, возрастает мотивация обеспечения заданного уровня безопасности движения и надёжности локомотивов. Задача создания системы Мониторинга на современном техническом уровне, рассмотренная в диссертационной работе, имеет большое значение для Российского железнодорожного транспорта. Диссертационная работа, представленная Лакиным И.И., посвящена разработке перспективной системы мониторинга технического состояния локомотивов и режимов их эксплуатации с использованием данных бортовых аппаратно-программных комплексов и железнодорожных информационных систем. Тему

диссертационного исследования соискателя следует характеризовать как актуальную и важную для развития систем технического обслуживания и ремонта тягового подвижного состава железных дорог и повышения надёжности локомотивов.

## **2. Оценка структуры и содержания работы.**

Диссертационная работа состоит из введения, пяти разделов, заключения, списка сокращений и условных обозначений, списка используемых литературных источников. Структура диссертации и её содержание находятся в логическом единстве, соответствуют поставленным целям и задачам исследования, отвечают критерию внутреннего единства, что подтверждается наличием последовательного плана исследования, представленного в виде блок-схемы на рисунке 1 введения. Положения, выносимые соискателем на защиту, а также сформулированные в диссертации выводы и предложения, как и результаты исследования, являются новыми.

Введение содержит аннотацию работы и характеристику содержания.

Первая глава является литературным обзором со ссылками на первоисточники. В главе охвачены основные аспекты развития систем мониторинга технического состояния локомотивов на отечественных и частично, зарубежных локомотивах. В результате сделаны выводы о возможностях развития системы мониторинга для отечественных локомотивов и сформулирована соответствующая задача исследования.

Вторая глава теоретически обосновывает модель системы мониторинга отечественных локомотивов с использованием данных бортовых аппаратно-программных комплексов и информационных систем железнодорожного транспорта. Важным элементом главы является описание предложенной автором системы управления рисками, в которой наряду с общепринятыми вероятностно-статистическими методами прогнозирования рисков предлагается использовать методы теории нечётких множеств, которые уже нашли применение в промышленных системах. Автором доработаны эти методы применительно к решаемой задаче управления рисками наступления отказов в рамках общей концепции модели системы Мониторинга.

Автору удалось формализовать систему управления рисками средствами теории нечетких множеств, с возможностью достоверного отражения взаимосвязей исследуемого объекта и его свойств без использования сложного аппарата дифференциального и интегрального исчисления. Глава является основой теоретической частью диссертации.

Третья глава применительно к предложенной модели системы Мониторинга обосновывает порядок использования в ней информационных систем железнодорожного транспорта. Для этого выполнен комплексный статистический анализ генеральной выборки данных об эксплуатации более



1000 локомотивов. В результате получены выводы о возможном порядке использования данных АСОУП с гарантированной достоверностью исходных данных. В главе также выполнен факторный анализ влияния эксплуатационных показателей на надёжность электровозов, при этом в качестве основного показателя выбран коэффициент технической готовности (КТГ). Сделан важный вывод, что КТГ зависит не столько от времени восстановления локомотива, сколько от логистических потерь при постановке на плановые и неплановые ремонты. В заключение главы сформулированы предложения по формированию нечётких множеств для анализа состояния локомотивов по данным АСОУП.

Четвёртая глава описывает результаты объёмных исследований режимов работы электровозов переменного тока с ВИП, выполненных по данным аппаратно-программных комплексов типа МСУЭ электровозов ВЛ80р. Объем обработанных данных позволяет считать все сделанные выводы достаточно достоверными. Наибольший интерес представляет корреляционный анализ токов тяговых электродвигателей и сделанный вывод об эффективности диагностирования однотипных узлов с использованием данного подхода. Особо следует выделить предложенные алгоритмические защиты, которые позволяют существенно повысить надёжность локомотивов за счёт исключения нарушений режимов эксплуатации, носящих, по мнению автора, массовый характер.

Пятая глава подводит итог выполненным теоретическим исследованиям. Сформулирована в окончательном виде модель системы мониторинга, предложенная в главе 2 и конкретизированная в главах 3 и 4. Описаны примеры практической реализации элементов Модели. Обоснована ожидаемая экономическая эффективность от внедрения системы Мониторинга.

В Заключении подведён итог выполненным исследованиям, сформулирована научная новизна и практическая ценность работы.

### **3. Соответствие содержания диссертации заявленной специальности и теме диссертации.**

Содержание диссертации соответствует заявленной научной специальности 05.22.07 – Подвижной состав железных дорог, тяга поездов и электрификация. Разделы диссертации соответствуют следующим разделам паспорта специальности:

- эксплуатационные характеристики и параметры подвижного состава, повышение их эксплуатационной надёжности и работоспособности.
- техническая диагностика подвижного состава и систем электроснабжения. Критерии оценки состояния подвижного состава и систем электроснабжения железных дорог и метрополитенов. Системы автоматизации процессов технической диагностики этих объектов.

#### **4. Соответствие автореферата диссертации её содержанию.**

В автореферате кратко изложено основное содержание разделов диссертации. Содержания автореферата соответствует содержанию диссертации. Рукопись автореферата соответствует требованиям ГОСТ Р 7.0.11-2011, а также требованиям п. 25 Положения о присуждения учёных степеней.

#### **5. Личный вклад соискателя в получении результатов исследования.**

Лично соискателем:

- 5.1. Выполнен анализ на базе литературного обзора состояния задачи Мониторинга технического состояния локомотивов (далее – система Мониторинга), на основании которого обоснованы структура и функциональность системы Мониторинга, состав её компонентов.
- 5.2. Разработана модель системы Мониторинга, включая подсистему управления рисками наступления отказов.
- 5.3. По данным АСУЖТ выполнен статистический анализ факторов, влияющих на эксплуатационную надежность локомотивов, выбраны информативные диагностические сигналы.
- 5.4. По данным бортовых аппаратно-программных комплексов (АПК) электровозов переменного тока с ВИП выполнен комплексный анализ диагностических параметров, их информативность и порядок применения. Определены реальные режимы эксплуатации электровозов на Восточном полигоне
- 5.5. Разработаны алгоритмы автоматизированного диагностирования технического состояния электровозов переменного тока с выпрямительно-инверторными преобразователями (ВИП) по данным их аппаратно-программных комплексов (АПК).
- 5.6. Разработаны алгоритмические защиты электровозов от опасных режимов эксплуатации, приводящих к повышенной интенсивности отказов.
- 5.7. Разработаны технические требования на систему поддержки принятия решений (СППР) при организации ремонта локомотивов с использованием теории нечётких множеств и теории надёжности.
- 5.8. Разработаны функции программного обеспечения «Модуль мониторинга эксплуатации локомотивов (ММ)».

#### **6. Степень достоверности результатов исследования.**

Достоверность полученных результатов обеспечивается использованием положения теории тяги поездов в сочетании с корректным использованием методов статистического анализа при оценке унимодальности выборок. При этом исходные выборки составили более 4 млн. наблюдений по 11-и различным сериям электровозов 17-и локомотивных депо. Обработаны данные о работе более 1000 локомотивов. Анализ данных АПК выполнен по 61-му локомотиву



за 1525 часов их эксплуатации. Таким образом, выводы диссертации можно считать достоверными. Практическая реализация результатов исследований также подтверждает достоверность сделанных выводов и полученных результатов.

## **7. Теоретическая и практическая значимость полученных автором диссертации результатов.**

Теоретическая значимость работы заключается, прежде всего, в разработке Модели системы мониторинга технического состояния локомотивов с реализацией системы управления рисками на базе методов теории нечётких множеств. Научно-практический интерес представляют данные, полученные в результате статистической обработки и анализа данных об эксплуатации локомотивов информационной системы ОАО «РЖД» АСОУП (основа АСУЖТ) и диагностических данных АПК типа МСУЭ электровозов ВЛ80р.

Практическая значимость заключается в разработке методики реализации системы на базе предложенной теоретической модели Мониторинга. Практически полезными являются разработанные автором алгоритмические защиты, предложенные по результатам статистического анализа режимов работы электровозов по данным АПК.

По результатам теоретических исследований разработаны требования на автоматизированное рабочее место диагностирования по данным АПК электровозов переменного тока. Разработаны технические требования и эскизный проект модуля мониторинга для использования производственно-диспетчерскими отделами сервисных локомотивных депо (СЛД) и отделами мониторинга эксплуатации локомотивов при Центрах управления тяговыми ресурсами ОАО «РЖД». Разработаны и внедрены методические указания, инструкции, положения и другие организационно-распорядительные документы.

## **8. Конкретные рекомендации по использованию результатов и выводов диссертации.**

- 8.1. Предложенная модель системы Мониторинга может быть использована по предложенной автором методике в сервисных компаниях и в дирекции тяги ОАО «РЖД».
- 8.2. Алгоритмические защиты могут использоваться во всех вновь выпускаемых электровозах и при модернизации уже эксплуатируемых электровозов.
- 8.3. Предложенный метод управления рисками с использованием теории нечётких множеств следует развивать применительно к задаче управления рисками отказов.
- 8.4. Выполненный анализ режимов работы электровозов переменного тока следует учесть при проектировании перспективных локомотивов.

8.5. Выполненный анализ режимов эксплуатации локомотивов следует использовать при выборе критериев оценки эффективности эксплуатации локомотивов и управлении надёжностью локомотивов.

## **9. Новизна полученных результатов.**

Соискателем разработана модель системы мониторинга технического состояния локомотивов с использованием данных, получаемых с бортовых АПК, железнодорожных информационных систем, а также с деповских систем технического диагностирования. В диссертации разработаны алгоритмы диагностирования технического состояния электровозов на базе АРМ МСУЭ электровозов ВЛ80р и алгоритмические защиты от опасных режимов эксплуатации. Предложены метод и аналитическая система управления рисками при организации и выполнении ремонтов локомотивов на базе автоматизированной системы управления сервисной компании.

## **10.Замечания по диссертационной работе.**

- 10.1. В первой главе есть ссылки, но нет описания опыта ДВГУПС в области мониторинга технического состояния электровозов переменного тока с использованием телеметрии параметров электровозов.
- 10.2. Во второй главе в Модели системы мониторинга описаны только примеры управления рисками отказов по причине нарушения режимов эксплуатации. Следовало привести примеры логического управления рисками отказов и по причине предотказных состояний оборудования локомотива. Например, при возникновении опасных трендов параметров.
- 10.3. Автор, используя понятия нечетких множеств и нечеткой логики, постоянно переходит от одного термина к другому, хотя нечеткая логика - это уже есть прикладное применение теории нечетких множеств. Поэтому, было бы более корректным, после общего приведения теории нечетких множеств использовать в диссертации понятие нечеткой логики (*Fuzzy Logic*).
- 10.4. В третьей и четвёртой главах при выборе статистически достоверных выборок в качестве критерия рассматривалась принадлежность распределения случайной величины к нормальному закону по критерию Пирсона. Однако известно, что применение критерия Колмогорова-Смирнова и ряда других методов позволяют существенно расширить множество достоверных данных, особенно при рассмотрении таких «зашумленных» выборок, как в рассматриваемой диссертации.
- 10.5. В четвёртой главе в качестве нечётких множеств предложены только статичные параметры: ток двигателей, число срабатываний защит, коэффициент корреляции токов ТЭД за поездку и др. Следовало рассмотреть в качестве нечётких множеств и тренды этих параметров, тем более что во второй главе такой тип нечётких множеств предусмотрен.



- 10.6. В диссертации не описаны наиболее характерные типы отказов. В результате не понятно, на сколько предложенная модель Мониторинга способна решить существующие проблемы надёжности локомотивов.
- 10.7. В диссертации отмечается участие автора в разработках соответствующего программного обеспечения и его внедрения в работу сервисной компании ООО «ТМХ-Сервис» и ЗАО «Дорожный центр внедрения Красноярской железной дороги». Как правило, для подтверждения результатов практического значения, к диссертации прилагаются документы о внедрении и использовании результатов исследования, что еще в большей степени усиливает результаты работы.

Указанные замечания не снижают ценность работы и носят больше характер рекомендаций для дальнейшей научно-практической деятельности автора, которую, безусловно, следует продолжить.

### **11. Заключение по диссертации о соответствии её требованиям «Положения о порядке присуждения учёных степеней».**

В соответствии с требованием пункта 10 «Положения о присуждении учёных степеней» диссертация Лакина Игоря Игоревича написана автором самостоятельно, обладает внутренним единством, содержит новые научные результаты и положения, выдвигаемые для публичной защиты, которые свидетельствуют о личном вкладе автора в науку. Диссертация содержит рекомендации по использованию научных выводов, а предложенные автором решения аргументированы и оценены по сравнению с другими известными решениями.

Основные научные результаты диссертации Лакина Игоря Игоревича опубликованы в рецензируемых научных изданиях, что соответствует п.11 «Положения о присуждении учёных степеней».

В диссертации Лакин Игорь Игоревич ссылается на авторов источников заимствования материалов, использует результаты научных работ, выполненных им лично и в соавторстве, и отмечает в содержании диссертации это обстоятельство, что соответствует требованиям п. 14 «Положения о присуждении учёных степеней».

Диссертация Лакина Игоря Игоревича на соискание учёной степени кандидата технических наук является научно-квалификационной работой, в которой изложены новые научно обоснованные технические решения использования модели системы мониторинга технического состояния локомотивов с использованием данных бортовых аппаратно-программных комплексов, железнодорожных информационных систем и деповских систем технического диагностирования, имеющие существенное значение для развития промышленного транспорта Российской Федерации, что соответствует требованиям п.9 «Положения о присуждении учёных степеней», а её автор Лакин Игорь Игоревич заслуживает присуждения учёной степени

кандидата технических наук по специальности 05.22.07 – Подвижной состав железных дорог, тяга поездов и электрификация.

Заключение рассмотрено на заседании кафедры «Локомотивы» федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Дальневосточный государственный университет путей сообщения».

По результатам обсуждения диссертации сформулировано положительное заключение.

Протокол № 9 от «22» июня 2016г.

Заключение составлено:

**Пляскин Артем Константинович**, кандидат технических наук, доцент, заведующий кафедрой «Локомотивы»

Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Дальневосточный государственный университет путей сообщения».

Диссертация защищена по специальности 05.22.07 – «Подвижной состав железных дорог, тяга поездов и электрификация».

680021, г. Хабаровск, ул. Серышева, д. 47

телефон: (4212) 407-516,

E-mail: [root@festu.khv.ru](mailto:root@festu.khv.ru)

А.К. Пляскин

«23» августа 2016 г.

Подпись

(подписи)

Заверяю

Зам. начальника

«23» 08

2016 г.



Л.Р. Песочков  
(расшифровка подписи)