

## **ОТЗЫВ**

**официального оппонента на диссертационную работу  
ПАНОВА Кирилла Вячеславовича «Повышение эффективности  
функционирования локомотиворемонтных предприятий за счет применения  
гибких форм организации производства», представленную на соискание  
ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.02.22 –  
Организация производства (транспорт, технические науки)**

### **1. Актуальность исследования**

Важным направлением совершенствования и технологической модернизации локомотиворемонтного комплекса является разработка автоматизированной системы управления техническим обслуживанием и ремонтом локомотивов в целом и отдельных видов оборудования (АСУ ТОиР). По сути необходимо создать автоматизированную систему управления технологическими процессами ремонтных предприятий (ERP- и MES-системы). Современный этап информатизации с применением достижений IT-технологий часто обобщённо называют «Индустрия 4.0», включая в это понятие такие технологии как «Интернет вещей» (IoT), работа с большими объёмами данных (Big Data), Виртуальная и дополненная реальность, 3D-печать, технология «Блокчейн» (Block chain), «Облачные вычисления», «Цифровые двойники» и многое другое. С точки зрения АСУ ТОиР более точным следует считать понятие «Киберфизическая промышленная система» («Cyber Physical Production Systems» – CPPS), предложенное рядом ведущих компаний мира, в т.ч. Siemens и General Electric. CPPS, прежде всего, предполагает переход от автоматизации управления отдельными технологическими процессами (в т.ч. станками с ЧПУ) к единому управлению производством, когда управление отдельными технологическими процессами происходит через управление единой АСУ предприятия. Применительно к локомотиворемонтному комплексу это означает объединение в единый автоматизированный технологический процесс технического обслуживания и ремонта (ТОиР) локомотивов отдельных автоматизированных технологий: бортовых и стационарных систем технического диагностирования и мониторинга, ремонтных станков, систем управления надёжностью, снабжения и логистики, организации работ в цехах локомотиворемонтных депо и др. Появляется реальная возможность автоматизировано планировать объём ТОиР индивидуально для каждого локомотива, что позволит как повысить надёжность локомотивов, так и снизить стоимость их жизненного цикла.



Реализация технологий CPPS в локомотиворемонтном комплексе невозможна без разработки автоматизированных методов интеллектуальной обработки диагностической информации, автоматизации оперативного планирования объёма ремонта с учётом технического состояния каждого конкретного локомотива. В этом направлении ведутся работы, есть достаточно существенные научно-практические достижения, приведшие, например, к созданию АСУ «Сетевой график» в группе компаний «ЛокоТех» и система СВЛТР у компании «Уральские локомотивы». Однако остаётся необходимость в разработке интеллектуальных алгоритмов управления.

Объектом исследования диссертации К.В.Панова являются производственные процессы локомотиворемонтного предприятия, поставлена задача повышения эффективности их функционирования за счёт применения гибких форм организации производства. Таким образом, тема диссертации К.В.Панова является актуальной и востребованной.

## **2. Степень обоснованности научных положений, выводов и рекомендаций диссертационной работы**

Представленные в диссертации научные положения, выводы и рекомендации достаточно обоснованы, т.к. при решении поставленных задач выполнен анализ и обобщение данных и результатов из библиографических отечественных и зарубежных источников, применены методы статистического анализа данных, экспериментальные методы оценки эффективности различных форм организации локомотиворемонтного производства.

Автором использованы теоретические методы исследования, основанные на положениях теории систем, системного анализа, теории исследований операций. Для расчетов и анализа использованы лицензионные программные продукты: MS Excel, программное обеспечение для имитационного моделирования AnyLogic и STATISTICA for Windows.

Степень обоснованности научных положений, выводов и рекомендаций подтверждаются обоснованным и корректным применением апробированных теорий и методов исследований.

## **3. Достоверность и новизна научных положений, выводов и научная работа рекомендаций, сформулированных в диссертации**

Адекватность предложенных решений обоснована достаточно высокой степенью согласования теоретических расчетов и экспериментальными данными и практическими результатами.



Новизна технических разработок подтверждается полученными автором диссертации свидетельства о государственной регистрации программы для ЭВМ и патентами на полезную модель.

#### **4. Научная новизна полученных соискателем результатов**

Научная новизна результатов, полученных в диссертационной работе, подтверждается, прежде всего, разработкой автором научно обоснованных технических и технологических решений, позволяющих повысить эффективность функционирования локомотиворемонтных предприятий. Разработана имитационная модель производственной структуры локомотиворемонтного предприятия, учитывающая перемещение локомотивов по тракционным путям и технологическим позициям. Предложена организационно-технологическое решение для локомотиворемонтного предприятия, позволяющее сократить количество сверхнормативных простоев локомотивов при ремонте. Разработана система планирования и управления постановкой локомотивов на ремонт, учитывающая занятость производственных участков и наличие запасных частей.

#### **5. Практическая ценность диссертационной работы**

Практическая значимость работы состоит в предложенной адаптивной (перенастраиваемой) форме организации производства, способной уменьшить количество сверхнормативных простоев локомотивов при ремонте. Разработанная система планирования и управления постановкой локомотивов на ремонт способна прогнозировать наличие выполняемых сверхцикловых работ на локомотиве, занятость производственных участков, наличие запасных частей и рассчитывать оптимальный график ремонта локомотивов с минимизацией числа сверхнормативных простоев.

#### **6. Реализация результатов диссертационного исследования**

Разработанная в диссертационной работе гибкая форма организации производственного процесса предприятий по ремонту локомотивов позволяет сократить логистические потери при перемещении локомотива и продолжительность ожидания ремонта. Увеличивает использование мощностей локомотиворемонтных предприятий и повышает пропускную способность ремонтного производства. Разработанная программа системы планирования и управления постановкой локомотивов на ремонт способна оптимизировать производственные процессы на предприятии.



## **7. Апробация работы**

Основные научные результаты и положения диссертационной работы докладывались на четырех международных, на трех Всероссийских с международным участием и двух научно-практических конференциях.

## **8. Публикации**

Основные результаты диссертационной работы полностью опубликованы в 21-й научной работе, из которых пять научных статей с основными научными результатами диссертации в изданиях, рекомендованных ВАК при Минобрнауки России, две статьи – в изданиях, индексируемых в международной реферативной базе Scopus, одно свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ и два патента на полезную модель. Следует отметить большое число (10) статей, опубликованных без соавторов.

## **9. Объем и содержание диссертационной работы**

Диссертационная работа состоит из введения, четырех глав, заключения, приложений, списка литературы из 130 наименований, содержит 138 страниц основного текста, 53 рисунка и 14 таблиц. Работа посвящена совершенствованию производственных процессов предприятий по ремонту локомотивов путем повышения эффективности их организации и управления, что соответствует научной специальности 05.02.22 – Организация производства (транспорт, технические науки). Автореферат достаточно полно отражает основные положения диссертационной работы. Структура и оформление диссертации и автореферата выполнены согласно требованиям ГОСТ Р 7.0.11–2011.

## **10. СОДЕРЖАНИЕ ДИССЕРТАЦИИ**

### **Введение**

Во введении отражено обоснование актуальности темы, сформулированы цель и задачи исследования, приведены основные положения, выносимые на защиту, изложены содержание работы и методы исследования. Содержание Введения совпадает с соответствующим разделом Автореферата и содержит все рекомендуемые ВАК при Минобрнауки России разделы.

### **Глава 1**

В первой главе автор выполнил анализ состояния технической и технологической базы локомотиворемонтного производства. Приведены результаты обработки статистических данных, из которых сделан вывод о наличии проблем в современной системе сервисного технического обслуживания и ремонта (ТОиР) локомотивов. Выделены факторы, влияющие на надёжность локомотивов.

Проанализированы возможные варианты организации ТООР. Проанализирована оснащённость ремонтных локомотивных депо и пунктов технического обслуживания локомотивов (ПТОЛ), в т.ч. средствами механизации и автоматизации. При литературном обзоре имеются ссылки на использованные литературные источники. В результате в главе поставлена цель: за счёт современной организации ремонтного производства повысить эффективность ТООР. Сформулированы задачи, которые решены в последующих главах.

## **Глава 2**

Вторая глава посвящена исследованию факторов, оказывающих влияние на качество функционирования локомотиворемонтного производства. Определены показатели, по которым следует оценивать эффективность производства. В качестве основных определены показатели надёжности. Выполнена классификация причин перепростоя локомотивов на ТООР. В результате предложена математическая модель исследуемого процесса, построен граф переходов локомотива из одного состояния в другое в процессе ремонта. Выполнено математическое описание модели. Есть описание модели применительно к локомотивному депо «Московка», расположенного на территории Западно-Сибирской железной дороги. Выполнено имитационное моделирование. Обоснован выбор закона распределения случайной величины по результатам обработки статистических данных. В конце главы сформулированы выводы.

## **Глава 3**

Третья глава посвящена разработке имитационной модели производственно-логистического процесса ТООР. Разработана общая концепция имитационного моделирования, логическая схема имитационной модели, статистически определены исходные данные для моделирования. В результате в среде программы AnyLogic рассчитаны параметры производства, в т.ч. распределение вероятностей временных потерь при различных видах ремонта. Выполнено доказательство адекватности модели. По главе также сделаны выводы, отражающие содержание главы. В т.ч. сделан вывод о невозможности убрать ряд логистических потерь без реконструкции цехов.

## **Глава 4**

Четвёртая глава посвящена разработке организационно-технологических и технических решений, повышающих гибкость локомотиворемонтного производства. Предложена гибкая организация производства, в т.ч. с гибким маневрированием. Выполнено имитационное моделирование гибкой формы организации ремонта локомотивов. Предложен алгоритм оперативного



планирования ТОиР. Реализовано имитационное моделирование, для чего разработано математическое обеспечение. Предложен порядок обеспечения производства материалами и запасными частями. Предложены методы повышения гибкости производства, в т.ч. производить роботизацию, внедрять системы технического зрения, устанавливать комплекс датчиков. По главе также имеются выводы.

### **Заключение**

Приведённые в ЗаклЮчении выводы отражают суть диссертационной работы, соответствуют выполненным в главах исследованиям и выводам. Являются научными. В обобщенном виде отражают выводы, сделанные в конце каждой главы.

### **Список использованных литературных источников**

Список использованных литературных источников является полным. В тексте имеются ссылки на первоисточники.

### **Приложения**

В Приложениях представлены акты внедрения результатов диссертационной работы, патенты на полезную модель по теме диссертации, свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ.

## **11. ЗАМЕЧАНИЯ ПО ДИССЕРТАЦИОННОЙ РАБОТЕ:**

Диссертационная работа К.В.Панова является завершённым, оригинальным, выполненным на достаточно высоком научном уровне исследованием. Вместе с тем, следует сделать следующие замечания по ее содержанию:

- 11.1. В первой главе статистические данные приведены в абсолютных значениях, что не позволяет оценить значимость данных. Например, на рисунке 1.1 пересодержание парка электровозов и тепловозов в ТМХ-Сервис («ЛокоТех») и «СТМ-Сервис» не учитывает число секций, находящихся на сервисном обслуживании.
- 11.2. Во второй главе в правильно предложенной математической модели (рисунок 2.3) локомотив из состояния ожидания ремонта S0 может перейти в состояния технического обслуживания ТО-2 (S1), текущего ремонта ТР-1 (S2), ТР-2, ТР-3 и др. На практике такого быть не может, т.к. при переводе локомотива в состояние «Ожидание ремонта» заранее известно, какой вид ремонта планируется. Более того, при обслуживании в объёме ТО-2 локомотив числится в эксплуатационном парке. Поэтому при заходе

локомотива, например, на ТР-1 вероятность ремонтов в объеме ТО-2, ТР-2, ТР-3 и др. будет всегда равна нулю. Необходимо было построить модель для каждого типа захода на ТОиР отдельно. При этом более подробно учесть возникающие при приёмке локомотива сверхцикловые работы, в т.ч. по перекатке колёсно-моторных блоков, обточке колёсных пар, внеплановой замены оборудования.

- 11.3. В предложенной модели (глава 2) при обработке исходных статистических данных не предусмотрена проверка их унимодальности (по критерию Пирсона, Колмогорова-Смирнова или другим), что может приводить к ошибочным результатам, т.к. мультимодальные выборки свидетельствуют о неоднородности исходных статистических данных. В результате при моделировании могут быть получены ошибочные данные. И утверждение, что «распределение стремится к нормальному» (стр.53) окажется неверным. Автором использована проверка на соответствие закону распределения случайной величины, но только при обосновании его выбора. Замечание относится и к имитационному моделированию в третьей главе.
- 11.4. В главе 3 адекватность предложенной модели доказывалась сравнением с годовой программой ремонта. Следует отметить, что при сервисной форме ТОиР объём ремонта определяется фактическим пробегом локомотивов, закреплённых за сервисным локомотивным депо, а не особенностями организации технологических процессов. При достижении критического пробега локомотив в обязательном порядке отставляется в ожидание ремонта независимо от наличия свободных ремонтных позиций. Аналогичное замечание есть и в главе 4 в алгоритме оперативного планирования (рисунок 4.9): локомотив по критичному пробегу отставляется от эксплуатации независимо от наличия производственных ресурсов.
- 11.5. В главе 4 предложенный алгоритм определения объема запасных частей по запланированному ресурсу на практике не работает, т.к. имеет место большой поток сверхцикловых ремонтов. Поэтому объём запаса следует определять по статистике фактического потребления запасных частей.
- 11.6. В главе 4 при обосновании необходимости роботизации ремонтного производства нет технико-экономической оценки целесообразности этих мероприятий. К сожалению, часто имеет место недопустимо длительный срок окупаемости таких проектов.
- 11.7. Имеются отдельные замечания по строгости изложения материала. Например, на странице 65 есть фраза «... в нашей системе». Диссертация –



это личная работа. На той же странице пример опечатки: «рисунок3.5» (без пробела. Есть ошибки в пунктуации (например, во втором абзаце на стр.73, в заголовке главы 4 и др.). Есть несогласованные предложения, например, второй абзац на стр. 75. Аналогичные замечания касаются и Автореферата. К сожалению, опечатки достаточно многочисленны.

Отмеченные замечания не влияют на общую положительную оценку представленной к защите диссертационной работы и могут быть учтены при последующей научно-практической деятельности автора.

## **12. ЗАКЛЮЧЕНИЕ**

Соответствие диссертации критериям, установленным Положением о присуждении ученых степеней, Соответствие диссертации п. 10 и п. 14 Положения о присуждении ученых степеней: диссертационная работа «Повышение эффективности функционирования локомотиворемонтных предприятий за счет применения гибких форм организации производства» написана автором Пановым Кириллом Вячеславовичем самостоятельно, обладает внутренним единством, содержит новые научные результаты и свидетельствует о личном вкладе автора диссертации в науку. В диссертации приводятся сведения о практическом использовании полученных автором научных результатов. В диссертации имеются ссылки на авторов, источники заимствования материалов и отдельных результатов. Отсутствуют недостоверные сведения об опубликовании соискателем работ, в которых изложены основные научные результаты диссертации. В диссертации соискателем отмечается использование результатов научных работ, выполненных лично и в соавторстве, имеются ссылки на соавторов.

Оценка диссертации в соответствии с требованиями п. 9 Положения о присуждении ученых степеней: в целом диссертация К.В.Панова является законченной научно-квалификационной работой, в которой на основании выполненных автором исследований изложены новые научно обоснованные технические и технологические решения, направленные на повышение эффективности функционирования локомотиворемонтных предприятий за счет применения гибких форм организации производства, имеющие существенное значение для развития транспортной отрасли и развития страны в целом.

Полученные автором результаты достоверны, выводы и рекомендации научно обоснованы. Диссертация обладает научной новизной и практической ценностью. По актуальности темы, объему и содержанию теоретических и экспериментальных исследований данная работа соответствует критериям,



которым должна отвечать диссертация на соискание ученой степени кандидата наук, установленным «Положением о присуждении ученых степеней», утвержденным постановлением Правительством Российской Федерации от 24.09.2013 № 842, а её автор Панов Кирилл Вячеславович, заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.02.22 – Организация производства (транспорт, технические науки).

Официальный оппонент,  
гражданин Российской Федерации,  
доктор технических наук по специальности 05.22.07  
(Диплом: серия ДК № 011639, выдан 15.03.2098),  
профессор по кафедре «Электрическая тяга»  
(Аттестат: серия ПР № 001366, выдан 29.03.2000),  
первый заместитель генерального директора  
АО «Дорожный центр внедрения Красноярской железной дороги»

ЛАКИН Игорь Капитонович

08.04.2020

660075, Красноярск, ул. Красной Гвардии, д. 24 оф. 419  
[i.k.lakin@dcv.ru](mailto:i.k.lakin@dcv.ru)

Подпись Лакина Игоря Капитоновича заверяю: