

## ОТЗЫВ

официального оппонента на диссертацию  
Ефимова Романа Александровича  
на тему «Оценка тепловых нагрузений цельнокатаного  
колеса вагона при торможении»  
по специальности 05.22.07 – Подвижной состав  
железных дорог, тяга поездов и электрификация  
на соискание ученой степени кандидата технических наук

### Актуальность избранной темы

Оценка тепловых нагрузений вагонного колеса и их последствий в эксплуатации – важная практическая задача, не получившая полного решения и по настоящее время.

Влияние тепловых нагрузений на колесо многосторонне:

- циклические тепловые нагрузения приносят свою долю в общее исчерпание ресурса колеса;
- в отечественной и зарубежной практике известны случаи, когда вследствие теплового воздействия от торможения на поверхности катания колеса формировались зоны с мартенситной структурой материала. Наличие таких зон потенциально угрожает зарождением и развитием трещин, а это ведет к необходимости дополнительных обточек колеса, негативно влияет на безопасность движения.

Стратегия развития страны предусматривает интенсификацию использования железнодорожного транспорта. Очевидно, что с увеличением массы грузовых поездов, скорости движения угроза «нетипичных» случаев торможения с интенсивным и длительным выделением тепла в паре «колесо – тормозная колодка» возрастет.

Для предотвращения мартенситных превращений, ускоренного исчерпания ресурса важно правильно знать и назначать допустимые границы этих процессов, а такое возможно на основе сочетания результатов эксперимента и компьютерного моделирования.

Диссертационная работа Ефимова Р.А. посвящена разработке и верификации компьютерных моделей процессов, происходящих в колесе в результате термического воздействия при торможении.

Таким образом, тема диссертации тесно связана с повышением эффективности работы железнодорожного транспорта, обеспечением безопасности, безусловно востребована и **актуальна**.

## **Степень обоснованности научных положений, выводов и рекомендаций, сформулированных в диссертации**

Научные положения, сформулированные в диссертации, обоснованы выбором методов и моделей, нашедших подтверждение длительной практикой применения.

Настоящее диссертационное исследование является логическим развитием ранее выполненных исследований (в том числе специалистами кафедры «Технология сварки, материаловедение, износостойкость деталей машин» МИИТа) в области оценки тепловых процессов в цельнокатаных колесах грузовых вагонов при различных режимах тепловых воздействий на основе применения современных методов математического и компьютерного моделирования.

Выводы и рекомендации, полученные в диссертации, можно считать достаточно обоснованными и логически последовательными, отвечающими сложившимся представлениям о процессах в колесе и подтвержденными экспериментальными и эмпирическими данными.

### **Достоверность и новизна полученных результатов**

Достоверность полученных автором результатов подтверждается использованием проверенных современных методов. Полученные результаты сопоставляются с результатами исследований других авторов, в том числе с материалами экспериментов и испытаний.

К основным положениям диссертационного исследования Ефимова Р.А., отражающим его новизну, относятся следующие:

- разработана методика компьютерного моделирования протекания тепловых процессов и изменения структурного состава в цельнокатаном колесе при реализации различных режимов торможения в эксплуатации с учетом широкого спектра факторов, оказывающих влияние на процесс движения и торможения вагона;
- получены зависимости интенсивности тепловых нагрузок на колесо и распределения полей температур по всему объему колеса при реализации различных режимов торможения с учетом различных факторов, конструкции диска колеса, толщины обода;
- проведено ранжирование факторов, влияющих на протекание тепловых процессов в цельнокатаном колесе при торможении;
- исследовано влияние геометрии диска колеса на характер перемещений при длительном торможении на затяжном спуске.

Материалы диссертации докладывались на конференциях и семинарах.

### **Теоретическая и практическая значимость полученных автором результатов**

Теоретическая значимость проведенного исследования заключается в разработке методики численного определения значений тепловых нагрузок на цельнокатаное колесо при различных режимах и условиях торможения с учетом широкого спектра факторов, оказывающих влияние на процесс торможения: типа тормозной колодки, уклона пути, износа обода, скорости движения и других.

Практическая значимость исследования состоит в том, что полученные автором результаты могут быть использованы при проведении анализа изменения теплового и структурного состояний цельнокатаного колеса в эксплуатации с учетом текущей толщины обода и изменения структурного состава, сформировавшегося при изготовлении и на предыдущих этапах теплового воздействия в эксплуатации.

Применение разработанной методики и совокупности расчетных моделей позволяет проводить уточненную оценку изменения тепловых процессов и структурных превращений во всем объеме колеса при реализации последовательных торможений на конкретном участке пути с различным профилем. Это позволяет оценивать возможность образования закалочных структур в приповерхностном слое обода колеса в зоне контакта с тормозной колодкой и, как следствие, формирования трещин и выкрашивания металла в эксплуатации. Разработанная методика позволяет проводить исследования влияния различных тормозных колодок на интенсивность тепловых процессов, напряженно-деформированное состояние и структурообразование в колесе при различных режимах торможения.

### **Общая характеристика диссертации, ее завершенность**

Рассмотренная диссертационная работа состоит из введения, четырех разделов, заключения, списка литературы из 114 наименований, трех приложений, 50 таблиц и 55 рисунков. Общий объем работы составляет 196 страниц машинописного текста.

**Во введении** обоснована актуальность темы диссертационной работы, сформулированы цель и основные задачи исследования, определена научная новизна и практическое значение работы, а также изложены основные положения, выносимые на защиту.

**В первом разделе** выполнен обзор научно-исследовательских работ в области методов анализа колодочного торможения и тепловых процессов в

цельнокатаном колесе при изготовлении и в эксплуатации, анализ конструкционных особенностей цельнокатаных колес грузовых вагонов, а также основных видов неисправностей в эксплуатации.

В этом разделе обосновывается целесообразность развития методов оценки текущего состояния цельнокатаных колес для прогнозирования их состояния и снижения уровня отказов в эксплуатации. В основу моделирования положен метод конечных элементов, использовался программный комплекс SANAK. В работе автором рассматриваются цельнокатаные колеса с прямолинейным и криволинейным дисками с составом и механическими свойствами колесной стали марки 2 по ГОСТ 10791-2011.

**Второй раздел** посвящен основным положениям методологической основы моделирования тепловых процессов, структурных превращений и напряженно-деформированного состояния колеса в эксплуатации.

Изложены основные положения метода конечных элементов для решения задач теплопереноса, структура и функциональный состав программного комплекса SANAK, который использовался при проведении компьютерного моделирования нестационарных тепловых процессов, изменения структурного состава и напряженно-деформированного состояния в колесе при торможении.

Автором для проведения многовариантного компьютерного моделирования разработаны осесимметричные и объемные конечно-элементные модели цельнокатаного колеса высокой степени дискретизации с прямолинейным и криволинейным дисками, а также с различной толщиной обода, стачиваемого в процессе эксплуатации.

**Третий раздел** посвящен изложению основных положений разработанной методики расчетной оценки тепла, выделяемого в системе «колесо – колодка» при различных режимах торможения, позволяющей проводить уточненную оценку тепловых нагрузок на колесо с учетом различных факторов: тип тормозной колодки, скорость движения, толщина обода колеса, профиль пути и другие.

В данном исследовании учитывается, что интенсивность тепловых нагрузок на колесо зависит от текущей скорости движения. Для этого процесс замедления дискретизируется по времени с шагом, равным 0,01 с.

С целью уточненной оценки значений количества тепла, выделяющегося в паре «колесо – колодка» и поступающего в колесо при торможении, в работе рассмотрены факторы, влияющие на процесс движения и торможения вагона, произведено их ранжирование по степени влияния на тепловые нагрузки на колесо при торможении.

Проведенные исследования показали, что при реализации экстренного режима торможения наибольшее влияние на значения максимальных температур и время торможения оказывают следующие параметры: начальная скорость торможения, вес брутто вагона, вид торможения, тип тормозной колодки, уклон пути, износ колеса.

Таким образом, разработанная автором методика оценки тепловых нагрузок на колесо при торможении позволяет осуществлять моделирование тепловых нагружений колеса при торможении в нелинейной постановке с учетом влияния каждого из рассмотренных факторов на интенсивность выделяемого тепла в системе «колесо – колодка».

**В четвертом разделе** приводятся результаты компьютерного моделирования тепловых и термомодеформационных процессов, а также структурных превращений в цельнокатаном колесе при реализации различных режимов торможения.

Рассмотрен вариант движения экипажа по участку, на котором реализуется трехкратное торможение, первое из которых является экстренным, с экстремальными значениями факторов, влияющих на нагрев цельнокатаного колеса при торможении. Интенсивное тепловое воздействие в этом случае приводит к высоким максимальным значениям и градиенту температур в приповерхностных слоях. Причем, в точках на поверхности катания в зоне воздействия тормозной колодки максимальные температуры превышают  $727\text{ }^{\circ}\text{C}$ , что свидетельствует о наличии условий для протекания фазовых превращений, перехода феррито-цементитных смесей в аустенит.

По окончании этапа торможения в результате интенсивного теплоотвода в центральную часть обода колеса на поверхности катания в зоне контакта колеса с тормозной колодкой отмечаются скорости охлаждения, равные или близкие к критическим, что способствует образованию закалочных структур на поверхности катания колеса, процентное содержание которых зависит от степени аустенизации в период нагрева и интенсивности охлаждения в результате теплоотвода по окончании торможения.

Формирование закалочных структур на одном из этапов торможения в сочетании с механическими воздействиями при движении создают условия для образования микротрещин на поверхности катания колеса, которые, в свою очередь, впоследствии могут приводить к выкрашиванию металла.

Деформационные процессы в цельнокатаном колесе с прямолинейным диском в момент окончания длительного торможения приводят к смещению обода колеса к центру оси колесной пары и увеличению диаметра колеса.

Перемещения обода колеса с прямолинейным диском в осевом направлении приводят к тому, что расстояние между внутренними поверхностями гребней колес колесной пары уменьшается более, чем на 5 мм.

Напряженно-деформированное состояние цельнокатаных колес по окончании длительного торможения носит неоднородный характер. Максимальные растягивающие радиальные напряжения формируются в зонах верхнего внутреннего радиуса сопряжения диска с ободом и нижнего наружного радиуса сопряжения диска со ступицей. Полученные результаты хорошо согласуются с данными о разрушениях цельнокатаных колес с прямолинейным диском в эксплуатации – как правило, трещина зарождается на внутренней стороне зоны перехода от обода к диску с последующим развитием в окружном направлении и отколом обода колеса.

В заключении приведены основные научные и практические результаты диссертационного исследования, а также выводы и предложения автора.

#### **Достоинства и недостатки в содержании и оформлении диссертации, влияние отмеченных недостатков на качество исследования**

Диссертация заслуживает положительной оценки, она выполнена на актуальную тему, решаемые вопросы достаточно хорошо проработаны, научные положения обоснованы, изложены ясно и логически последовательно. Заключение содержит выводы и перспективы дальнейших исследований в этом направлении.

Вместе с тем, по работе имеются следующие замечания:

1) Следовало более полно отразить в работе результаты исследований других авторов. В списке ученых, внесших значительный вклад в области анализа процессов торможения, нет выдающегося ученого Иноземцева В.Г.

2) Недостаточно полно изложена методика моделирования изменения структур на этапах нагрева и охлаждения при реализации различных режимов торможения.

3) При КЭ расчете колеса автор ограничился размерностью модели ~ 40000 узлов. Между тем колесо может иметь достаточно сложные формы, а современные ПК позволяют эффективно решать задачи с количеством узлов более миллиона.

4) В части обоснования практической значимости проведенных исследований следовало бы более подробно рассмотреть влияние различных типов тормозных колодок на интенсивность выделения тепла в системе «колесо – колодка».

5) В работе следовало бы подробнее сказать о перспективах применения разработанных подходов на колесах других типоразмеров, не рассмотренных в диссертации, провести исследование влияния увеличения осевых нагрузок на интенсивность тепловых нагрузок на колесо.

6) Имеются замечания редакционного характера по диссертации и реферату.

Приведенные замечания не влияют на общую положительную оценку выполненных научных исследований.

#### **Соответствие автореферата основному содержанию диссертации**

Автореферат в полной мере отражает материал диссертации и полученные результаты.

#### **Соответствие диссертации и автореферата требованиям ГОСТ Р 7.0.11-2011**

Оформление диссертации и автореферата соответствует требованиям ГОСТ Р 7.0.11-2011. Система стандартов по информации, библиотечному и издательскому делу. Диссертация и автореферат диссертации. Структура и правила оформления. – М. : Стандартинформ. – 2012.

#### **Заключение о соответствии диссертации критериям, установленным «Положением о присуждении ученых степеней» по пунктам 10, 11 и 14**

Диссертация Ефимова Романа Александровича на соискание ученой степени кандидата технических наук соответствует критериям, установленным «Положением о присуждении ученых степеней»:

- по пункту 10 диссертация написана автором самостоятельно, обладает внутренним единством, содержит новые научные результаты и положения, выдвигаемые на публичную защиту, которые свидетельствуют о личном вкладе автора диссертации в науку. В диссертации представлены рекомендации по использованию научных выводов, а предложенные автором решения аргументированы и оценены по сравнению с другими известными решениями;


- по пункту 11 – публикации автора в количестве трех работ в изданиях, рекомендованных ВАК Министерства образования и науки Российской Федерации, отражают основные результаты исследования;

- по пункту 14 – в диссертации соискатель надлежащим образом ссылается на авторов и источники заимствования материалов или отдельных результатов. Соискатель использует результаты научных работ, выполненных им лично и в соавторстве, и отмечает в диссертации это обстоятельство.

Диссертационная работа Ефимова Р. А. «Оценка тепловых нагрузений цельнокатаного колеса вагона при торможении» соответствует паспорту специальности 05.22.07 – Подвижной состав железных дорог, тяга поездов и электрификация.

Диссертация отвечает требованиям п. 9 Положения о присуждении степеней, утвержденных постановлением Правительства Российской Федерации «О порядке присуждения ученых степеней» от 24.03.2013 г. № 842 и требованиям Приложений 2, 3, 4 «Положения о совете по защите диссертаций на соискание ученой степени кандидата технических наук, на соискание ученой степени доктора технических наук», утвержденного Приказом Министерства образования и науки Российской Федерации от 13.01.2014 г. № 7, а ее автор, Ефимов Роман Александрович, заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.22.07 Подвижной состав железных дорог, тяга поездов и электрификация.

Официальный оппонент,  
Овечников Михаил Николаевич, доктор технических наук,  
05.22.07 – Подвижной состав железных дорог,  
тяга поездов и электрификация,  
140402, Московская область, г. Коломна,  
ул. Октябрьской революции ул. 410,  
тел.: +7 (496) 618-82-18, E-mail: vnikti@ptl-kolomna.ru  
Акционерное общество «Научно-исследовательский  
и конструкторско-технологический институт  
подвижного состава» (АО «ВНИКТИ»),  
заведующий лабораторией прочностных расчетов



(подпись)

М.Н. Овечников  
(инициалы, фамилия)

5 июня 2017 г.

Подпись Овечникова М. Н. заверяю:  
Начальник отдела управления  
персоналом АО ВНИКТИ



Е. М. Новосельцева



## ОТЗЫВ

официального оппонента кандидата технических наук, доцента Антипина Дмитрия Яковлевича на диссертацию Ефимова Романа Александровича на тему «Оценка тепловых нагрузений цельнокатаного колеса вагона при торможении», представленную на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.22.07 – Подвижной состав железных дорог, тяга поездов и электрификация

### **1. Актуальность избранной темы**

Безопасность движения подвижного состава и экономическая эффективность грузоперевозок во многом зависят от долговечности колесной пары, которая в большинстве случаев определяется характером и видом эксплуатационных нагрузений. Актуальность проблемы надежности и долговечности цельнокатаных колес вагонов возрастает в связи с увеличением скоростей движения, осевых нагрузок, интенсификацией перевозочного процесса. Как показывает практика, количество отказов колесных пар в эксплуатации остается на высоком уровне.

Прогнозирование усталостной долговечности позволяет на стадии проектирования оценить ряд конструктивных решений и выбрать оптимальное, обнаружить «слабые» с точки зрения усталостной долговечности места и внести в конструкцию необходимые изменения.

Обеспечение достаточной долговечности конструкции приводит к снижению затрат на ремонтные работы в процессе эксплуатации, к уменьшению связанных с ним простоев вагонов, а также к снижению вероятности аварийных ситуаций, вызванных внезапными отказами.

При оценке работоспособности колес к основным факторам относятся структурное состояние металла и напряженно-деформированное состояние (НДС) по всему объему колеса.

В связи с вышеизложенным важной задачей является разработка методов расчетной и экспериментальной оценки тепловых, деформационных и термомодеформационных процессов, а также структурных превращений в колесах подвижного состава железных дорог в эксплуатации.

Существенная сложность указанной задачи заключается в необходимости анализа вышеназванных процессов, связанных с термическими воздействиями на колесо на основе компьютерного моделирования процессов, что связано с необходимостью решения нелинейных задач нестационарной теплопроводности, термоупругопластичности.

В связи с этим задача оценки тепловых нагрузений цельнокатаного колеса вагона при торможении с учетом кинетики тепловых процессов и структурообразования при фрикционном взаимодействии колес вагонов с разной степенью изношенности с тормозными колодками в результате торможения **является актуальной.**

## **2. Степень обоснованности научных положений, выводов и рекомендаций, сформулированных в диссертации**

Научные положения, сформулированные в диссертации, обоснованы выбором метода анализа теплопроводности и метода конечных элементов, нашедших подтверждение длительной практикой применения как самих методов, так и реализующего их программного обеспечения.

Выводы и рекомендации, сформулированные в диссертации, достаточно обоснованы и логически не противоречат сложившимся научным представлениям и экспериментальным данным о тепловых процессах, протекающих в колесе при фрикционном взаимодействии с тормозной колодкой при торможении.

## **3. Достоверность и новизна полученных результатов**

Достоверность полученных результатов подтверждена качественной и количественной сходимостью результатов расчетов с результатами испытаний как в условиях термических нагрузений на стендах, так и при оценке изменения температурных полей на основе термических циклов при динамических испытаниях опытного вагона в эксплуатационных условиях.

Материалы диссертации апробированы на российских и международных конференциях.

Диссертация представляет собой работу, обладающую научной новизной, которая содержится в следующих разработанных автором аспектах:

- разработана компьютерная модель, отличающаяся уточненным описанием изменения энергии движения вагона и, как следствие, тепловых нагрузок на колесо при торможении в зависимости от текущей скорости движения и целого ряда факторов, определяющих процесс движения вагона;
- получены зависимости мощности теплового нагружения и распределения полей температур по объему колеса при различных режимах торможения с учетом текущей скорости движения и толщиной обода колеса в эксплуатации;

- проведено ранжирование степени влияния отдельных факторов на интенсивность тепловых нагрузок на колесо и протекание тепловых процессов в колесе при торможении;
- исследовано влияние геометрии диска колеса на характер распределения тепловых полей и перемещений элементов колеса в результате деформационных процессов при длительном торможении.

Достоверность основных научных положений и выводов подтверждается устойчивой сходимостью результатов моделирования и экспериментальных данных. Максимальная погрешность результатов не превышает 18 %.

#### **4. Теоретическая и практическая значимость полученных автором результатов**

Установлены расчетные зависимости, описывающие численное определение значений тепловых нагрузок на цельнокатаное колесо при различных условиях и режимах торможения.

Разработанное автором семейство осесимметричных и объемных конечно-элементных моделей высокой степени дискретизации позволяет производить многовариантное компьютерное моделирование тепловых процессов, оценку напряжено-деформированного состояния и анализ структурного состава цельнокатаных колес различных конструкций в эксплуатации.

Обосновано применение методики анализа структурных превращений в колесе в результате моделирования нескольких последовательных торможений на участке пути с различным профилем и получено подтверждение возможности образования закалочных структур в приповерхностном слое обода колеса в зоне контакта с тормозной колодкой.

#### **5. Оценка содержания диссертации, ее завершенность**

Диссертация включает в себя введение, четыре главы, заключение, библиографический список из 114 наименований и три приложения. Общий объем работы составляет 196 страниц машинописного текста, в том числе 55 рисунков и 50 таблиц.

**Во введении** обоснована актуальность выбранной темы диссертации, определена цель и решаемые задачи для достижения поставленной цели, объект исследования, методология и методы исследования, научная новизна, теоретическая и практическая значимость работы, основные положения, выносимые на защиту, обоснованность и достоверность результатов

исследований, степень достоверности и апробация результатов работы, структура и объем диссертации.

**В первой главе** автором проведен анализ научных исследований и публикаций в области тепловых процессов и структурных превращений в цельнокатаном колесе в результате торможения, что позволило автору научно обосновано сформулировать цель работы и задачи исследования.

**Во второй главе** автором рассмотрены основные положения методики моделирования изменения теплового и напряженно-деформированного состояния в колесе при торможении на основе метода конечных элементов. Компьютерное моделирование проводилось автором с использованием явной схемы решения с высокой степенью дискретизации по времени.

Для реализации методики решения широкого спектра тепловых, деформационных и термодформационных задач автором использовалось программное обеспечение SANAK, разработанное в МИИТ, позволяющее производить анализ структурных, тепловых и деформационных процессов в пространственных и осесимметричных элементах конструкций с учетом нелинейности свойств материала на каждом шаге решения задачи.

В четвертом разделе второй главы представлены осесимметричные и объемные конечно-элементные модели цельнокатаного колеса с различной конструкцией диска и толщиной обода, разработанные автором. Верификация результатов моделирования, полученных автором результатов, показывает хорошую сходимость данными экспериментальных и теоретических исследований других авторов.

**Третья глава посвящена** обоснованию и оценке основных факторов, влияющих на величину тормозного пути и времени торможения, которые необходимо учитывать при моделировании тепловых потоков в процессе фрикционного взаимодействия в системе «колесо-колодка». Автор логично и последовательно излагает основные положения разработанной им методики оценки тепловых нагрузок колес при торможении и отмечает важность учета изменения интенсивности выделяемого тепла в зависимости от широкого спектра факторов: скорости движения, типа тормозной колодки, толщины обода колеса и др.

Разработана уточненная математическая модель оценки тепловых процессов в цельнокатаном колесе вагона при различных режимах торможения с учетом широкого спектра факторов, влияющих на движение вагона. При составлении математической модели автором было учтено влияние начальной скорости торможения, загруженность вагона, уклон пути, износ обода колеса в эксплуатации, режим торможения, тип тормозной колодки, температура окружающей среды и произведено ранжирование этих

факторов по степени влияния на интенсивность тепловых нагрузок на колесо при торможении.

**В четвертой главе** диссертационной работы представлены результаты компьютерного моделирования термомеханических процессов в колесе с учетом нестационарного процесса выделения тепла в зоне контакта колеса и тормозной колодки по разработанной автором методике. Результаты моделирования повторяющихся этапов торможения при следовании поезда по железнодорожному участку при сочетании с наиболее неблагоприятными факторами свидетельствуют о возможности образования на поверхности катания колеса закалочных структур, обладающих большей твердостью и хрупкостью, что, на практике, приводит к образованию трещин, выкрашиванию и разрушению колеса. В работе впервые в отечественной практике рассмотрено последовательное наложение тепловых нагрузок на колесо при повторяющихся циклах торможения, а также анализ процессов структурообразования в колесе на текущем шаге решения с учетом структурного состава в каждом конечном элементе, сформированного на предыдущих шагах решения. Данный подход позволяет проводить численными методами оценку изменения состояния колеса в течение всего жизненного цикла с учетом начальной структуры, сформированной на этапе термической обработки, при тепловых нагружениях при торможении в эксплуатации, ремонте, упрочнении и восстановлении наплавкой.

Результаты моделирования распределения температурных полей, напряжений и деформаций при реализации длительного торможения, проведенного автором, хорошо коррелируют с работами других авторов. Отмечается, что деформационные процессы в цельнокатаном колесе в момент окончания длительного торможения приводят к увеличению диаметра колеса и смещению обода в осевом направлении к центру оси колесной пары на величину 2,7 мм для колеса с криволинейным диском и 5,22 мм – с прямолинейным.

**В заключении** содержатся основные результаты и выводы диссертации, обобщающие результаты выполненного исследования.

Диссертационную работу в рамках поставленных и решенных задач можно считать законченной научной работой.

## **6. Достоинства и недостатки в содержании и оформлении диссертации, влияние отмеченных недостатков на качество исследования**

Материалы диссертации изложены ясно и последовательно, хорошо проиллюстрированы и структурированы. По окончании каждой главы

приводятся выводы, обобщающие результаты исследования. В заключении работы сформулированы общие результаты исследований по диссертации, сделаны рекомендации и определены перспективы дальнейших исследований.

По содержанию диссертации следует отметить следующие замечания:

- в работе автором представлена методика определения тепловых процессов, приведен пример расчета мощности тепловложений и результаты компьютерного моделирования для цельнокатаных колес грузовых вагонов, однако не описано, насколько данная методика применима к оценке тепловых процессов в колесах пассажирских вагонов при торможении;
- в тексте диссертационной работы рассматривалась композиционная тормозная колодка из асбестового материала ТИИР-300, для которой описан химический состав и теплофизические характеристики, следовало бы при моделировании рассмотреть другие типы тормозных колодок, а также ответить на вопрос: «Возможно ли применение данной методики для оценки тепловых процессов и структурных превращений в колесах других конструкций и других типов тормозных колодок»?
- в диссертации не приведено обоснование степени дискретизации используемых конечно-элементных моделей колес и ее влияние на сходимость результатов моделирования с материалами других ученых;
- в работе следовало бы провести моделирование и оценить влияние повышения скоростей движения на тепловые процессы и структурообразование в колесе;
- в тексте диссертации имеются отдельные опечатки, стилистические неточности, но количество их можно считать незначительным.

Указанные недостатки не снижают качества и ценности диссертации и не влияют на основные теоретические и практические результаты диссертационного исследования.

#### **7. Соответствие автореферата основному содержанию диссертации**

Содержание автореферата по основным идеям и выводам соответствует пояснительной записке диссертации. В автореферате представлены основные положения диссертации, выводы и рекомендации.

#### **8. Соответствие диссертации и автореферата требованиям ГОСТ Р 7.0.11-2011.**

Диссертация и автореферат в основном соответствуют требованиям ГОСТ Р 7.0.11-2011 Система стандартов по информации, библиотечному и

издательскому делу. Диссертация и автореферат диссертации. Структура и правила оформления.

### 9. Заключение по диссертации

Отмеченные замечания несколько снижают качество оформления диссертационного исследования, но не влияют на главные теоретические и практические результаты диссертации в целом и не меняют общей положительной оценки диссертационной работы.

По содержанию диссертация Ефимова Романа Александровича соответствует специальности 05.22.07 – Подвижной состав железных дорог, тяга поездов и электрификация. Результаты исследования достаточно полно отражены в публикациях автора.

Диссертация Ефимова Р.А. «Оценка тепловых нагрузений цельнокатаного колеса вагона при торможении» является законченной научно-квалифицированной работой, решающей важную научно-техническую проблему объективной оценки тепловых нагрузений цельнокатаного колеса в эксплуатации, выполненной автором самостоятельно.

Диссертация по актуальности темы, степени обоснованности научных положений, выводов и рекомендаций, их достоверности и новизне, по объему и содержанию отвечает требованиям п. 9 «Положения о присуждении ученых степеней», утвержденного постановлением Правительства Российской Федерации от 24 сентября 2013 года № 842, предъявленного к кандидатским диссертациям, а ее автор – Ефимов Роман Александрович – заслуживает присуждения ему степени кандидата технических наук по специальности 05.22.07 – Подвижной состав железных дорог, тяга поездов и электрификация.

Официальный оппонент,

Антипин Дмитрий Яковлевич, гражданин РФ, кандидат технических наук (05.22.07 – Подвижной состав железных дорог, тяга поездов и электрификация), заведующий кафедрой «Подвижной состав железных дорог» федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Брянский государственный технический университет», 241035, г. Брянск, Бульвар 50 лет Октября, д. 7, тел. (4832 56-04-66), e-mail: [adya2435@gmail.com](mailto:adya2435@gmail.com).

Официальный оппонент,

к.т.н., заведующий кафедрой  
«Подвижной состав железных дорог»

Д. Я. Антипин

