

ОТЗЫВ
официального оппонента на диссертацию
Красюкова Николая Федоровича

на тему «Моделирование нагруженности конструкции локомотива при лобовом столкновении с препятствием на железнодорожном пути» на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.22.07 – Подвижной состав железных дорог, тяга поездов и электрификация

Актуальность избранной темы

В настоящее время существующая система обеспечения безопасности движения на железнодорожном транспорте не может полностью исключить возможность аварийных ситуаций, связанных с продольными соударениями. Диссертация Красюкова Н.Ф. посвящена исследованию процессов нагружения несущих конструкций локомотива и вагонов при лобовом столкновении с препятствием на пути движения поезда. Ключевыми задачами при этом являются повышение безопасности движения и ударостойкости подвижного состава в аварийных ситуациях за счет управляемого поглощения механической энергии удара на пластических деформациях жертвенных устройств конструкционной защиты кузова и кабины машиниста, а также за счет деформации поглощающих аппаратов сцепных устройств. Выбранные для решения в диссертации задачи представляются актуальными.

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

Теоретические исследования, выполненные в диссертации, базируются на известных и апробированных положениях математического моделирования движения нелинейных механических систем, основанного на уравнениях классической механики и механики сплошной среды, в частности, теории упругости, пластичности, контактного взаимодействия. Для расчетов используются программные комплексы MSC.Mentat/Marc и MSC.Patran/Dytran, основанные на методе конечных элементов, многократно верифицированные сравнением результатов расчетов с данными натурных экспериментов.

При решении нелинейных динамических задач крайне важным оказывается вопрос адекватного описания механических характеристик материалов и конструкций. Для этих целей в диссертации при расчетах параметров движения и нагруженности несущих конструкций локомотива и вагонов выбор указанных характеристик обосновывается путем удовлетворительного согласования результатов компьютерного моделирования с данными, полученными в натурных условиях: тепловоз сталкивался с одним и несколькими сцепленными груженными вагонами.

При расчетах энергии пластических деформаций ударозащитных устройств кабины машиниста в программном комплексе MSC.Patran/Dytran вы-

полняется контроль энергии «песочных часов», которая в расчетах составляет не более 0,1 % от внутренней энергии пластических деформаций, что свидетельствует о корректности получаемых результатов.

Выводы и рекомендации, сформулированные в диссертации, достаточно обоснованы и логически не противоречат сложившимся научным представлениям и экспериментальным данным о динамической нагруженности и характере повреждений локомотивов при лобовых столкновениях с препятствием на железнодорожном пути.

Достоверность и научная новизна полученных результатов

Достоверность основных научных положений и результатов диссертации подтверждена сходимостью результатов компьютерного моделирования с экспериментальными и эксплуатационными данными, изложенными в научных исследованиях отечественных и зарубежных ученых по вопросам пассивной безопасности и конструкционной защиты подвижного состава. Представленные в диссертации результаты прошли апробацию в рамках 7 международных научно-практических конференций, опубликованы в 9 научных работах, в том числе в 3 статьях в рецензируемых научных изданиях из рекомендованного перечня ВАК при Минобрнауки России, 3 типа устройств пассивной безопасности локомотивов защищены патентами РФ.

Следующие положения диссертации соответствуют критерию научной новизны:

1. Обоснованы тестовые сценарии лобового столкновения головных единиц подвижного состава с препятствием на железнодорожном пути.
2. Определены критерии оценки эффективности конструкционной защиты и ударостойкости локомотивов.
3. Разработаны методики расчета устройств конструкционной защиты с учетом начальной скорости сближения и массы соударяемых объектов.
4. Разработаны конечно-элементные модели подвижного состава поезда и кабины машиниста для исследования нагруженности конструкций при лобовом столкновении локомотива с препятствием.
5. Выполнены исследования напряженно-деформированного состояния конструкций кабины машиниста в геометрически и физически нелинейной постановке, с учетом скорости деформации материала и упругопластического контактного взаимодействия с препятствием в аварийной ситуации.

Теоретическая и практическая значимость полученных автором результатов

Разработанные автором модели, методики расчета напряженно-деформированного состояния несущих конструкций локомотивов, тестовые сценарии столкновений, критерии оценки пассивной безопасности и ударостойкости использовались:

- при модернизации эксплуатирующихся и разработке новых электропоездов, тепловозов и газотурбовозов для оценки несущих конструкций кузова, ка-

бины машиниста, тележек и их связей с кузовом на соответствие требованиям пассивной безопасности и ударостойкости;

- при подготовке отраслевых нормативных документов «Технические требования к системе пассивной безопасности подвижного состава для пассажирских перевозок железных дорог колеи 1520 мм»;

- при подготовке межгосударственного стандарта «ГОСТ 32410-2013. Крепш-системы аварийные железнодорожного подвижного состава для пассажирских перевозок. Технические требования и методы контроля».

Расчетными исследованиями, в частности, установлено:

- максимум нагруженности кузова локомотива (головного вагона) в составе поезда от действия продольной сжимающей силы удара имеет место только в начальной фазе столкновения – с момента касания головной единицы с препятствием до момента уравнивания их продольных скоростей движения. В этот период длительностью примерно до 0,3 с нагруженными оказываются практически только первые две единицы в голове состава;

- при столкновении головной единицы поезда массой 80 т с препятствием массой 10 т на скорости 72 км/ч без превышения нормативной силы удара 2,5 МН и перегрузки 5g минимальная деформация сжатия устройства поглощения энергии с идеальной жесткопластической характеристикой должна составлять примерно 0,6 м, а при массе препятствия 30 т – 1,5 м.

Оценка содержания диссертации, ее завершенность

Диссертация Красюкова Н.Ф. состоит из введения, четырех разделов, заключения с изложением результатов и выводов, списка литературы из 149 наименований. Материалы диссертации содержат 152 страницы текста, 70 рисунков и 9 таблиц.

Содержание диссертации соответствует поставленным целям и задачам исследования, в достаточной мере использована профессиональная терминологическая лексика, изложение выполнено логически последовательно, разделы содержат промежуточные обобщающие выводы по полученным результатам, обеспечивающие логические переходы к следующим этапам исследований.

Диссертация и автореферат соответствуют требованиям ГОСТ Р 7.0.11-2011, а также требованиям п. 25 «Положения о порядке присуждения ученых степеней» (постановление Правительства Российской Федерации от 24 сентября 2013 г. № 842). Список литературы и список работ, опубликованных по теме диссертации, соответствуют ГОСТ 7.1-2003.

Диссертация Красюкова Н.Ф. является завершенной научно-квалификационной работой, содержит постановку задачи, изложение численных методов ее решения, подтверждение достоверности результатов и их анализа сравнением с известными теоретическими выкладками и данными, полученными в натурных условиях.

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

Во введении в соответствии с ГОСТ Р 7.0.11-2011 приведены актуальность темы исследования, степень разработанности темы, объект, цель и основные задачи исследования, научная новизна, теоретическая и практическая значимость, методология и методы исследования, выносимые на защиту положения, степень достоверности и апробация результатов работы, оценка публикаций, структура и объем работы.

В первом разделе диссертации представлен обзор исследований и методик оценки нагруженности конструкций железнодорожного подвижного состава при ударных и сверхнормативных нагрузках, численных методов расчета напряженно-деформированного состояния несущих конструкций, реализующих их программных комплексов, методов и критериев оценки работоспособности устройств конструкционной защиты. Установлено, что сверхнормативные нагрузки возникают в основном при лобовых аварийных столкновениях с препятствием на пути движения, когда фактическая величина продольной силы оказывается выше допускаемых значений (1,5 ... 2,5 МН). В поездной работе такие столкновения чаще всего (до 80 %) случаются на железнодорожных переездах с мобильными транспортными средствами, реже (17 %) – на подъездных и станционных путях с грузовыми вагонами и совсем редко (около 1 %) – с иными препятствиями. Опираясь на европейский и отечественный опыт, обоснована актуальность разработки научно-методической и нормативной базы для исследования нагруженности кузова локомотива и каркаса кабины машиниста при сверхнормативных ударных нагрузках, характерных для наиболее вероятных сценариев аварийных столкновений на железных дорогах колеи 1520 мм.

Во втором разделе описана приближенная методика расчета, в которой локомотив и препятствие рассматриваются как твердые тела, механическая энергия удара поглощается за счет пластических деформаций жертвенного устройства, имеющего идеальную жесткопластическую характеристику. Уточненную оценку нагруженности кузовов подвижных единиц состава, межвагонных сцепных устройств и проектных параметров устройств поглощения энергии рекомендуется выполнять с учетом продольной динамики состава поезда. При этом в конечно-элементной модели «поезд-препятствие» отдельные вагоны могут представлять как в виде одномерных стержневых элементов с продольной жесткостью, равной жесткости вагона на растяжение-сжатие, так и в виде трехмерных оболочечных элементов. Для получения рациональной и в то же время информативной модели рекомендуется вагоны в голове поезда представить в виде трехмерных оболочечных элементов, а остальные – в виде одномерных стержневых элементов.

В третьем разделе представлены разработанные методики компьютерного моделирования и расчета нагруженности кабины машиниста. При невысоких скоростях столкновения рекомендуется использовать упрощенные квазистатические методы, не требующие больших вычислительных и временных затрат. С повышением скорости столкновения, напротив, для более адекватного модели-

рования необходимо учитывать влияние дополнительных факторов, таких как волновой характер распространения деформаций, зависимость предела текучести стальных материалов от скорости деформаций и др. Предложены критерии оценки эффективности системы конструкционной защиты кабины машиниста. Приведена конечно-элементная модель кабины машиниста электровоза и результаты расчетов.

В четвёртом разделе произведена оценка работоспособности ударозащитных устройств, предназначенных для смягчения ударной нагрузки, приходящейся на подоконную часть кабины, а также для защиты ее внутреннего пространства от проникновения в него травмоопасных элементов препятствия (стержней, балок и т.п.). Представлены новые данные расчетных исследований по выбору рациональной формы профиля сминаемых элементов ударозащитных устройств с учетом влияния на результаты счета модели материала и шага конечно-элементной сетки.

В заключении отражены основные результаты и выводы диссертации. Содержание заключения соответствует содержанию диссертации.

При рассмотрении диссертации возникли следующие вопросы и замечания по содержанию и оформлению:

1. Тема диссертации «Моделирование нагруженности конструкции локомотива при лобовом столкновении с препятствием на железнодорожном пути» неполно отражает цель и предмет исследования – повышение эффективности системы конструкционной защиты локомотива.

2. Используемые в расчетах автора характеристики поглощающего аппарата Р-5П недостаточно согласуются с экспериментальными данными (Автосцепные устройства подвижного состава железных дорог/В.В. Коломийченко, В.И. Беляев, И.Б. Феоктистов и др. – М.: Транспорт, 2002. – 230 с.), неясно какие экспериментальные данные использовались (схема испытаний и т.д.), что может оказать существенное влияние на полученный результат моделирования.

3. Следовало бы также учесть влияние эксплуатационных факторов, в частности скорости деформации и температуры окружающей среды, значительно определяющих свойства резиновых элементов.

4. В работе не приведены технологические решения по изготовлению предлагаемых систем пассивной безопасности, не оценена их экономическая и экологическая эффективность.

5. В настоящее время широкое распространение получили новые эластомерные и полимерные материалы для буферов и поглощающих аппаратов автосцепки, применение которых может дать более значительный результат, чем предложенные жертвенные элементы.

6. Отмечается несколько описок и неточностей:

- с. 5 автореферата (с. 8 диссертации) «... получивший всемерное признание...», может здесь имелось в виду всемирное?

- с. 19 автореферата (с. 112 диссертации) «...решается методом последовательных нагрузений...», может следовало бы написать приближений.

- с. 30 диссертации. Неясен смысл предложения «...В реальных конструкциях несущих элементов упругопластическими деформациями, возникающими в зонах концентрации напряжений, высокие частоты колебаний подавляться...»

Соответствие автореферата основному содержанию диссертации

Автореферат в полной мере отражает основные положения и выводы диссертации и соответствует ее содержанию.

Соответствие диссертации и автореферата 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

Диссертация и автореферат соответствуют требованиям ГОСТ Р 7.0.11-2011, системе стандартов по информации, библиотечному и издательскому делу, а также структуре и правилам оформления диссертационного исследования и автореферата соответственно.

Заключение о соответствии диссертации критериям, установленным в «Положении о присуждении ученых степеней» по пунктам 10, 11 и 14

В соответствии с п. 10 диссертация подготовлена в виде рукописи, написана автором самостоятельно, обладает внутренним единством и содержит новые научные результаты и положения, выдвигаемые для публичной защиты, что свидетельствует о личном вкладе автора диссертации в науку. В диссертации имеются сведения о практическом применении полученных автором диссертации научных результатов, а также рекомендации по использованию научных выводов.

Согласно п. 11 основные научные результаты диссертации достаточно полно отражены в ведущих рецензируемых научных журналах и изданиях, рекомендованных ВАК при Минобрнауки России.

Согласно п. 14 в диссертации содержатся ссылки на авторов и источники заимствования материалов или отдельных результатов, а также на научные работы, выполненные соискателем ученой степени лично и в соавторстве.

Диссертация Красюкова Николая Федоровича на соискание ученой степени кандидата технических наук является научно-квалификационной работой, в которой содержится решение задачи по разработке расчетных методов для

исследования нагруженности конструкции локомотива при лобовом столкновении с препятствием, позволяющих оценивать эффективность конструкционной защиты и ударостойкость локомотива, имеющих существенное значение для расширения представлений о его пассивной безопасности в эксплуатации, что соответствует требованиям п. 9 «Положения о присуждении ученых степеней», а ее автор заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.22.07 – Подвижной состав железных дорог, тяга поездов и электрификация.

Официальный оппонент

Болдырев Алексей Петрович,

доктор технических наук,

05.22.07 – Подвижной состав железных дорог, тяга поездов и электрификация,
241035, Россия, г. Брянск, бульвар 50 лет Октября, дом 7,

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Брянский государственный технический университет»,
профессор кафедры «Механика и динамика и прочность машин»

Телефон: +7 (483) 256 0810, +7 910 3312000

E-mail: apb.tubryansk@gmail.com

«13» ноября 2020 г.

А.П. Болдырев

