



**АКЦИОНЕРНОЕ ОБЩЕСТВО
«НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ИНСТИТУТ
ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОГО ТРАНСПОРТА»
(АО «ВНИИЖТ»)**

3-я Мытищинская ул., 10, г. Москва, 129626
тел.: +7 (495) 687-6555, +7 (495) 602-8307
факс: +7 (495) 602-8484, +7 (495) 687-6456
e-mail: info@vniizht.ru, www.vniizht.ru

« _____ » _____ г. № _____

На № _____ от _____

УТВЕРЖДАЮ:

Первый заместитель
генерального директора
АО «ВНИИЖТ», д.т.н.

А.Б. Косарев

« 10 » ноября 2020 г

ОТЗЫВ

ведущей организации – акционерного общества «Всероссийский научно-исследовательский институт железнодорожного транспорта» (АО «ВНИИЖТ») на диссертационную работу Красюкова Николая Федоровича «Моделирование нагруженности конструкции локомотива при лобовом столкновении с препятствием на железнодорожном пути», представленную на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.22.07 – «Подвижной состав железных дорог, тяга поездов и электрификация»

Актуальность темы

Важным направлением развития железнодорожного транспорта в России является обеспечение высокого уровня его безопасности. Это сложная и комплексная проблема, один из аспектов которой связан с применением защищенных конструкций кабин локомотивов, снижающих риски для локомотивной бригады при наиболее вероятных случаях аварийного столкновения поезда с тяжелым и габаритным транспортным средством на железнодорожном переезде. Возможности экспериментальной отработки конструкторских решений в области пассивной безопасности

железнодорожного подвижного состава весьма ограничены из-за высокой стоимости эксперимента. Особую роль приобретают, получившие мощное развитие в последнее время, методы математического моделирования, базирующиеся на потенциале современных вычислительных средств - производительных компьютеров и эффективного программного обеспечения. Однако на этом пути немало трудностей, связанных с необходимостью постановки и решения сложных существенно нелинейных задач моделирования процессов динамического нагружения при столкновении локомотива, разработки расчетных схем и моделей высокого порядка, создание которых отличается значительной трудоемкостью. В диссертации поставлена научная задача, заключающаяся в повышении способности несущих конструкций кабин локомотивов сопротивляться ударным воздействиям при лобовых столкновениях с препятствием. Для ее решения выбран рациональный подход при активном использовании современных высокопроизводительных компьютерных ресурсов. Актуальность диссертации не вызывает сомнений.

Оценка структуры и содержания работы

Диссертация состоит из введения, четырех глав, заключения с изложением результатов и выводов, списка литературы из 149 наименований. Материалы диссертации изложены на 152 страницах текста, включают 70 рисунков и 9 таблиц.

Во введении обоснована актуальность темы, поставлена цель, перечислены задачи исследования, сформулирована научная новизна, указаны теоретическая и практическая значимость работы, методы исследований, положения, выносимые на защиту, степень достоверности полученных результатов и их апробация.

В первой главе приведен обзор нормативной базы, регламентирующей пассивную безопасность железнодорожного подвижного состава в Российской Федерации и за рубежом. Отмечены исследования нагруженности конструкций железнодорожного подвижного состава при ударных и сверхнормативных

нагрузках. Описаны методики, применяемые в расчетах ударного нагружения подвижного состава.

Анализ публикаций по теме показывает, что сверхнормативный уровень нагруженности несущих конструкций локомотивов и вагонов в эксплуатации возникает в основном при аварийных столкновениях с препятствием на пути движения.

Во второй главе представлена разработанная методика моделирования динамического нагружения несущих конструкций движущегося состава поезда при столкновении с препятствием.

Для предварительной оценки проектных параметров устройств поглощения энергии (УПЭ) предложена приближенная методика расчета, в которой локомотив и препятствие рассматриваются как твердые тела. Энергия удара поглощается только за счет пластической деформации УПЭ, имеющего идеальную жесткопластическую характеристику, которая обеспечивает постоянную силу в устройстве при его деформировании от нуля до максимальной степени сжатия.

Уточненную оценку нагруженности кузовов подвижных единиц состава, межвагонных сцепных устройств и проектных параметров устройства поглощения энергии предлагается выполнять с учетом продольной динамики состава поезда. Рекомендованы рациональные модели состава с трехмерным моделированием головной единицы (а также, возможно, второй единицы) и одномерным моделированием остальных единиц подвижного состава.

В третьей главе представлены разработанные методики компьютерного моделирования и расчета нагруженности кабины машиниста.

Для моделирования нагруженности кабины при невысоких скоростях столкновения локомотива с препятствием рекомендовано применять упрощенные квазистатические методы, не требующие больших вычислительных затрат. С повышением скорости столкновения, напротив, для более адекватного моделирования требуется учитывать влияние дополнительных факторов, таких как волновой характер распространения

деформаций, зависимость предела текучести стальных материалов от скорости деформаций и др.

Эффективность системы конструкционной защиты кабины предложено оценивать по следующим критериям:

- лобовая часть кузова (кабина) должна быть рассчитана на воздействие равномерно распределенной по ширине подоконной части продольной нагрузки не менее 290 кН без разрушения несущих элементов конструкции, ограниченные пластические деформации допускаются;

- при максимальном продольном смещении подоконного пояса (противоударной стенки) должен сохраняться обитаемый объем не менее 0,75 м вглубь кабины, достаточный для свободного покидания машинистами своих рабочих мест после столкновения;

- на пластических деформациях силового каркаса и элементов конструкционной защиты должно быть обеспечено поглощение механической энергии в количестве не менее 35 кДж.

При выполнении уточненных расчетов рекомендовано рассматривать деформирование конструкции кабины под воздействием ударной нагрузки как нелинейный (геометрически и физически) динамический процесс.

Приведены примеры расчета и оценки эффективности конструкционной защиты кабины машиниста электровоза 2ЭС6К.

В четвёртой главе проведена оценка работоспособности ударозащитных устройств (УЗУ), предназначенных для противостояния проникновению в подоконную часть кабины и в ее внутреннее пространство элементов конструкции объекта аварийного столкновения.

Представлены результаты расчетных исследований по выбору рациональной формы профиля сминаемых элементов УЗУ с учетом влияния на результаты счета модели материала и шага конечно-элементной сетки.

Расчеты выполнены в программном комплексе MSC.Patran/Dytran.

Показано, что сетки конечных элементов с размерами элементов 5 и 10 мм дают близкие значения энергии пластических деформаций, а сетка с

шагом 20 мм демонстрирует неудовлетворительную точность. Для обеспечения приемлемой точности результатов расчетные модели УЗУ рекомендовано составлять из оболочечных элементов с шагом сетки 10 мм.

В заключении изложены основные научные и практические результаты и рекомендации, определены возможные перспективы дальнейшей разработки данной темы.

Структура диссертации и ее содержание находятся в логическом единстве, соответствуют целям и задачам исследования. В рамках поставленной цели и решения задач диссертация представляет собой законченное научное исследование.

Соответствие содержания диссертации заявленной специальности и теме диссертации

Выполненные в диссертации исследования по содержанию и результатам соответствуют области исследований согласно паспорту специальности 05.22.07 – Подвижной состав железных дорог, тяга поездов и электрификация по пунктам:

п. 1 – Эксплуатационные характеристики и параметры подвижного состава, повышения их эксплуатационной надежности и работоспособности. Системы электроснабжения железных дорог и метрополитенов. Методы и средства снижения потерь электроэнергии;

п. 5 – Подвижной состав нового поколения и тормозное оборудование, повышающее безопасность движения поездов и пропускную способность железных дорог;

п. 6 – Оценка динамических и прочностных качеств подвижного состава.

Соответствие автореферата диссертации ее содержанию. Личное участие автора в получении результатов

Автореферат диссертации соответствует ее содержанию, отражает ее

научную новизну и практическую значимость. Опубликованные соискателем работы раскрывают основные положения диссертационного исследования.

Личное участие соискателя в получении результатов, изложенных в диссертации, состоит в определении целей, формулировании задач и разработке методов их решения. Диссертация апробирована на научно-практических и международных конференциях по проблемам и перспективам развития железнодорожного транспорта, безопасности движения поездов.

Основные научные результаты диссертации опубликованы в 9-и печатных работах, из них - в 4-х научных изданиях, входящих в рекомендованный ВАК Минобрнауки России перечень рецензируемых научных изданий, в которых должны быть опубликованы основные научные результаты диссертаций на соискание ученой степени кандидата наук.

Степень достоверности результатов исследования

Достоверность результатов научных исследований основана на корректном использовании численных методов, базирующихся на классических теоретических подходах, методе конечных элементов (МКЭ), а также на применении аттестованных методик.

Теоретическая и практическая значимость полученных результатов

На основе применения метода конечных элементов автором разработаны методики моделирования и расчета напряженно-деформированного состояния несущих конструкций подвижного состава при столкновении с препятствием на железнодорожном пути, предложены критерии оценки пассивной безопасности и ударостойкости локомотивов (головных вагонов). Практическая направленность работы заключается в использовании в АО «ВНИКТИ» указанных методик и критериев оценки пассивной безопасности при модернизации электровозов серии ЧС2К и ВЛ10К, при разработке электровоза 2ЭС6К и дизельных тепловозов 2ТЭ25К(А). Для перечисленного подвижного

состава выполнена оценка несущих конструкций кузовов, кабин машиниста, тележек и их связей с кузовом на соответствие требованиям пассивной безопасности, а также при подготовке отраслевых нормативных документов «Технические требования к системе пассивной безопасности подвижного состава для пассажирских перевозок железных дорог колеи 1520 мм», межгосударственного стандарта «ГОСТ 32410-2013. Крэш-системы аварийные железнодорожного подвижного состава для пассажирских перевозок. Технические требования и методы контроля».

Рекомендации по использованию результатов и выводов диссертации

Разработанные автором методы математического моделирования нагруженности несущих конструкций локомотива при аварийных столкновениях с препятствием позволяют установить расчетным путем эффективность конструкционной защиты в части удовлетворения требований пассивной безопасности и ударостойкости.

Предложенная в диссертации методология расчетных исследований эффективности конструкционной защиты может быть использована в организациях-проектировщиках, а также в ремонтных предприятиях, занимающихся модернизацией железнодорожного подвижного состава.

Новизна полученных результатов

Новым в работе является модели и методики моделирования выбора рациональных конструкций устройств защиты от удара кабин машиниста локомотивов, критерии оценки конструкционной защиты (пассивной безопасности) и ударостойкости конструкций локомотивов (головных вагонов), модели и результаты исследования напряженно-деформированного состояния конструкций кабин машинист в геометрически и физически нелинейной постановке в режимах аварийного столкновения локомотива с препятствием.

Замечания по диссертационной работе

1. В обзоре зарубежной нормативной базы не представлен основной документ США, регламентирующий безопасность грузовых и пассажирских локомотивов (*Code of federal regulation. Title 49 – Transportation (CFR 49). Subtitle B - Other Regulations Relating to Transportation (Continued). Chapter II – Federal railroad administration. Department of transportation. Part 229 - Railroad locomotive safety standards*).

2. Основанием для выводов по главе 2 «Моделирование нагруженности кузова локомотива при столкновении в составе поезда» явились результаты моделирования продольной динамики электропоезда ЭД4М-0500, который не относится к объектам исследования данной диссертации. Без ущерба для научной и практической значимости работы этот материал можно было бы исключить. Сделанные выводы, на наш взгляд, следовало подтверждать моделированием аварийного столкновения поезда, состоящего из локомотива и несамоходных вагонов локомотивной тяги, как грузовых, так и пассажирских.

3. Первый пункт научной новизны диссертации информирует о том, что «*обоснованы тестовые сценарии столкновения головных единиц подвижного состава с препятствием на железнодорожном пути*». Однако в работе не представлено сформулированное в явном виде применительно к грузовым и пассажирским локомотивам описание и обоснование предложенных тестовых сценариев.

4. На стр. 90 диссертации со ссылкой на ГОСТ 31187-2003 «Тепловозы магистральные. Общие технические требования» изложено требование о том, что «*лобовая часть кузова (кабина машиниста) должна рассчитываться на воздействие равномерно распределенной по ширине подоконной части кабины продольной нагрузки не менее 290 кН*». Следует заметить, что ГОСТ 31187-2003 утратил силу и заменен на ГОСТ 31187-2011, в котором данное требование отсутствует. Подобное требование установлено в п. 6.6 ГОСТ Р 55364-2012 «*Электровазы. Общие технические требования*».

5. Работа написана хорошим литературным языком. К недостаткам

оформления следует отнести немногочисленные опечатки (например, на стр. 114), орфографические ошибки (например, на стр. 11), отсутствие знаков препинания (например, на стр. 35), стилистические погрешности (например, на стр. 42), неточности в терминологии (например, на стр. 35), несоответствие ссылок на библиографические источники (например, ссылка [117] на стр. 12).

6. При выполнении сложных нелинейных расчетов с помощью метода конечных элементов остро стоит проблема адекватности разработанных моделей. В главе 4 диссертации автор, исследуя большие деформации устройств защиты от удара, выполнил анализ сходимости решения с использованием сеток, имеющих различные размеры элементов. Это является положительным моментом в работе. Однако работа могла бы существенно выиграть при наличии экспериментального подтверждения разработанной расчетной методики. На наш взгляд, размеры и конструкция устройств защиты от удара позволяют поставить эксперимент для исследования деформирования этих устройств с целью верификации расчетных моделей.

Заключение по диссертации о соответствии ее требованиям «Положения о порядке присуждения ученых степеней» по пунктам 9 и 10

Диссертация Красюкова Николая Федоровича на соискание ученой степени кандидата технических наук на тему «Моделирование нагруженности конструкции локомотива при лобовом столкновении с препятствием на железнодорожном пути» является научно-квалификационной работой на актуальную тему, обладает научной новизной. Полученные результаты достоверны, имеют практическую значимость, вносят заметный вклад в железнодорожную науку и практику, развитие страны (п. 9).

Диссертация написана Красюковым Николаем Федоровичем самостоятельно, обладает внутренним единством, содержит новые научные результаты и положения, апробирована на научно-практических, в том числе международных конференциях по проблемам и перспективам развития железнодорожного транспорта, безопасности движения поездов (п. 10).

В соответствии с п. 14 Положения в диссертации Красюкова Н.Ф. имеются ссылки на работы других авторов и источники заимствования материалов, а также на научные работы, выполненные им лично и в соавторстве.

Диссертация соответствует требованиям «Положения о порядке присуждения ученых степеней», а ее автор, Красюков Николай Федорович, заслуживает присуждения ему ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.22.07 – Подвижной состав железных дорог, тяга поездов и электрификация.

Заключение рассмотрено на заседании Научного центра «Динамика и прочность тягового подвижного состава» АО «ВНИИЖТ», обсуждено и одобрено большинством голосов (Протокол от « 22 » октября 2020 г. № 2).

Директор научного центра «Динамика и
прочность тягового подвижного состава»
АО "ВНИИЖТ", к.т.н.

05.22.07 – Подвижной состав
железных дорог, тяга поездов
и электрификация

 Игорь Николаевич Максимов

Главный научный сотрудник научного
центра «Динамика и прочность тягового
подвижного состава», д.т.н.

01.02.06 – Динамика, прочность
машин, приборов и аппаратуры

 Олег Александрович Русанов

Адрес: 129626, Россия, г. Москва,
ул. 3-я Мытищинская, д.10
Телефон: 8 (499) 260-41-11
E-mail: maksimov.igor@vniizht.ru
rusanov.oleg@vniizht.ru

Подписи Максимова И.Н. и Русанова О.А. заверено

Начальник отдела управления
персоналом АО «ВНИИЖТ»
Даничева Н.А.

