

## ОТЗЫВ ОФИЦИАЛЬНОГО ОППОНЕНТА

по диссертационной работе Короткевича Сергея Геннадьевича  
«Расчет и проектирование  
цистерн прямоугольного сечения повышенной прочности  
пожарных автомобилей»,

представленной на соискание ученой степени кандидата технических наук  
по специальности 05.02.02 – машиноведение, системы приводов и детали машин

На основе изучения диссертации, автореферата и опубликованных работ по теме диссертации установлено следующее.

*1. Соответствие диссертации специальности и отрасли науки, по которым она представлена к защите.*

Диссертационная работа посвящена исследованию процессов функционирования и утраты работоспособности узлов, сборочных единиц и деталей машин, а также процессов, влияющих на техническое состояние этих объектов. Изложенный в ней материал относится к областям исследований:

III.2. Теория, методы расчета и проектирования, в том числе автоматизированные, базирующиеся на более совершенных моделях функционирования и прогнозирования технического состояния объектов машиностроения.

III.3. Теория, методы и средства исследований, оценки, прогнозирования и обеспечения надежности объектов машиностроения, в том числе на основе компьютерного моделирования и испытаний;

III.4. Теория, методы и средства исследований, диагностики, мониторинга, прогнозирования и обеспечения, в том числе на основе компьютерного моделирования и испытаний, состояний нагруженности и надежности объектов машиностроения по критериям безопасности, прочности и утраты работоспособности на всех стадиях их создания и применения, представленным в паспорте специальности 05.02.02 – машиноведение, системы приводов и детали машин, и соответствует названной специальности и технической отрасли науки.

*2. Актуальность темы диссертации.*

Пожарные автоцистерны эксплуатируются в более жестких условиях по сравнению с автомобилями иных типов, что обусловлено значительными нагрузками, возникающими при их движении по тревоге. Резервуары пожарных автоцистерн испытывают действие как сил, передаваемых от шасси, так и возникающих вследствие перемещения транспортируемой жидкости. Вследствие неблагоприятных сочетаний нагрузок металлоконструкция резервуара цистерны подвержена образованию микротрещин, развитие которых ведет к нарушению герметичности цистерн, возникновению необходимости их преждевременного ремонта, что подтверждается данными эксплуатации. Разработка подходов, позволяющих обеспечить прочность конструкций цистерн, повысить длительность межремонтного периода имеет большое практическое значение. Тема диссертации соответствует



приоритетному направлению научной, научно-технической и инновационной деятельности на 2021–2025 годы «машиностроение и машиноведение».

*3. Степень новизны результатов диссертации и научных положений, выносимых на защиту.*

Научной новизной обладают следующие результаты диссертации:

методика анализа прочности конструкций резервуаров цистерн пожарных автомобилей, основанная на использовании найденных в ходе экспериментов значений максимальных ускорений стенок конструкции, которые применены при задании приложенных сил в разработанных конечно-элементных моделях прямоугольных цистерн с перегородками, что позволило прогнозировать надежность конструкции при действии эксплуатационных нагрузок;

зависимости, характеризующие влияние размеров и расположения элементов, повышающих жесткость конструкции (косынки, ребра жесткости на стенках, поперечные усиления на дне), на напряжения в резервуарах цистерн, которые позволили определить рациональные размеры элементов, при которых обеспечивается повышение запаса прочности в 1,2–1,6 раза по сравнению с серийными цистернами;

экспериментально установленные зависимости напряжений, возникающих в конструкциях цистерн прямоугольного сечения, оснащенных дополнительными усиливающими элементами, при разных режимах движения пожарных автомобилей, подтверждающие достоверность результатов, полученных в результате конечноэлементного моделирования и демонстрирующие снижение уровня напряжений в областях угловых соединений передней и боковой стенок около 30 %, передней стенки и дна – около 15 % в модернизированных конструкциях по сравнению с серийными.

Полученные новые результаты позволяют прогнозировать надежность конструкций цистерн пожарных автомобилей по критерию прочности на стадиях проектирования конструкций и в процессе эксплуатации.

*4. Обоснованность и достоверность выводов и рекомендаций, сформулированных в диссертации.*

Выводы и рекомендации, сформулированные в диссертации, в целом обоснованы и вытекают из содержания проведенных исследований. Достоверность результатов проведенных исследований подтверждается объективностью и адекватностью исходной информации, а также применением обоснованных апробированных теоретических и экспериментальных методов. Значения напряжений, полученные на основе теоретических расчетов, подтверждены в ходе проведенных экспериментов.

Результаты исследований прошли апробацию на международных научных конференциях в Республике Беларусь и Российской Федерации.

*5. Научная, практическая, экономическая и социальная значимость результатов диссертации с указанием рекомендаций по их использованию.*

Научная значимость. Диссертационная работа содержит новые экспериментальные и теоретические результаты исследования нагруженности и надежности цистерн пожарных автомобилей, полученные на основе компьютерного моделирования и испытаний, которые позволили предложить вариант модернизации цистерн, который удовлетворяет критерию прочности.



Практическая значимость. Результаты диссертационного исследования могут быть использованы при разработке новых конструкций цистерн и модернизации существующих. Они нашли применение в ООО «Пожснаб» и Производственно-техническом центре Гомельского областного управления МЧС Республики Беларусь, что подтверждено соответствующими актами. Также результаты могут быть полезны для увеличения надежности крепления иных резервуаров мобильных машин, о чем свидетельствует акт внедрения в ОАО «Гомсельмаш».

Экономическая значимость состоит в увеличении межремонтного периода эксплуатации модернизированных цистерн по сравнению с серийными, что приводит к снижению затрат на ремонты. В соответствии с приведенными в работе расчетами экономический эффект от использования разработки составляет около 1300 бел. руб. на одну единицу техники.

Социальная значимость полученных результатов заключается в повышении надежности парка пожарных автоцистерн. Результаты исследований могут быть использованы при подготовке специалистов в учреждениях образования, осуществляющих подготовку специалистов технического профиля. Они нашли применение использованы в учебном процессе УГЗ МЧС Республики Беларусь и ГГТУ им. П.О. Сухого.

#### *6. Опубликованность результатов диссертации в научной печати.*

Основное содержание диссертации опубликовано в 27 научных работах, в том числе 8 статьях в изданиях, рекомендованных ВАК для публикации результатов диссертационных исследований по направлению технические науки (машиностроение и машиноведение). Еще 5 статей ([1], [3], [4], [8], [13]), опубликованных по родственному направлению той же отрасли наук, включают информацию, необходимую с точки зрения подтверждения достоверности результатов диссертационной работы, и, по нашему мнению, также могут быть отнесены к публикациям в изданиях, рекомендованным ВАК. Кроме того, опубликованы 14 работ в сборниках материалов региональных и международных конференций, получено 2 патента на полезные модели.

Материалы диссертационного исследования Короткевича С. Г., основные положения и выводы, полученные соискателем самостоятельно и при его непосредственном участии в соавторстве, с достаточной полнотой изложены в публикациях.

#### *7. Соответствие оформления диссертации требованиям ВАК.*

Диссертация оформлена в соответствии с «Инструкцией по оформлению диссертации, автореферата и публикаций по теме диссертации» в редакции Постановления Высшей аттестационной комиссии Республики Беларусь от 22 августа 2022 г. № 5. Автореферат отражает содержание диссертации.

#### *8. Замечания по диссертации.*

1. На с. 50 диссертации указано, что для экспериментального определения ускорений использовались акселерометры типа 352С18, однако не приведены сведения о том, по какому конкретно направлению проводились измерения каждым установленным на оболочке цистерны датчиком. Также



отсутствует информация о массе датчика, которая может влиять на точность результатов измерений.

2. Пожарный автомобиль при движении по дороге с неровностями перемещается непоступательно, что приводит к неодинаковым ускорениям различных его точек. Кроме того, стенки цистерны деформируются вследствие действия динамических нагрузок. Поэтому во втором положении, выносимом на защиту, более правильно было указать, что полученные в результате испытаний значения ускорений  $7,4\text{--}25,2 \text{ м/с}^2$  относятся не к автомобилю в целом, а к элементам его конструкции.

3. На с. 90 указано, что при покое цистерна нагружена статической силой  $F$ . Далее на с. 91 той же буквой обозначена динамическая сила, возникающая при движении автомобиля, что некорректно.

4. В п. 3.2 представлен вывод выражения для нахождения максимальной относительной деформации стенок цистерн. Допущения, положенные в основу этого метода, позволяют осуществлять лишь грубую оценку таких деформаций. В формулах (3.7)–(3.12) фигурирует  $i$  – удельный импульс. В теоретической механике используется понятие «импульс силы», а в физике применяется термин импульс тела, соответствующий термину «количество движения». Из текста работы неясно, какое из двух понятий используется в данном случае.

5. Полученная в работе формула (3.12) и соответствующая ей формула (5) автореферата в дальнейшем не применялась. Однако было бы интересно сравнить значения, получаемые по данной формуле, с результатами конечноэлементного моделирования.

6. Учитывая, что внутри резервуара цистерны находятся перегородки, реальное распределение сил давления будет несколько отличаться от схем, представленных на рисунке 3.14. Поэтому полученные значения напряжений, возникающих в стенках цистерны, оказываются несколько завышенными (т. е. напряжения вычислены с запасом).

7. Значительная часть информации, приведенной в главе 2, содержит справочную информацию, которую можно было существенно сократить или опустить.

*9. Соответствие научной квалификации соискателя ученой степени, на которую он претендует.*

Представленная диссертационная работа и уровень подготовки соискателя позволяют сделать вывод о том, что Короткевич Сергей Геннадьевич соответствует по научной квалификации ученой степени кандидата технических наук по специальности «05.02.02 – машиноведение, системы приводов и детали машин».

#### *10. Заключение.*

Выполненный анализ показал, что диссертационная работа «Расчет и проектирование цистерн прямоугольного сечения повышенной прочности пожарных автомобилей» является законченной научной работой. Она удовлетворяет требованиям действующего «Положения о присуждении ученых степеней и присвоении ученых званий в Республике Беларусь», предъявляемым к кандидатским диссертациям. Ее автору, Короткевичу

Сергею Геннадьевичу, может быть присуждена ученая степень кандидата технических наук по специальности «05.02.02 – машиноведение, системы приводов и детали машин» за *новые научные обоснованные результаты* в области обеспечения надежности объектов машиностроения по критерию прочности на основе компьютерного моделирования и испытаний, *включающие:*

методику анализа прочности конструкций резервуаров цистерн пожарных автомобилей, использующую при задании нагрузок в разработанных конечно-элементных моделях прямоугольных цистерн с перегородками найденные в ходе экспериментов максимальные ускорения стенок конструкции: поперечных – до  $24,6 \text{ м/с}^2$  и вертикальных – до  $22,9 \text{ м/с}^2$ , что позволило прогнозировать надежность конструкции при действии эксплуатационных нагрузок;

расчетные зависимости, характеризующие влияние геометрических параметров элементов, повышающих жесткость конструкции (косынки, ребра жесткости на стенках, поперечные усиления на дне), на напряжения в резервуарах цистерн, которые позволили определить рациональные размеры и расположение, при которых обеспечивается повышение запаса прочности в 1,2–1,6 раза по сравнению с серийными цистернами;

экспериментально установленные зависимости напряжений, возникающих в конструкциях цистерн прямоугольного сечения, оснащенных дополнительными усиливающими элементами, от режимов движения пожарных автомобилей, подтверждающие достоверность результатов, полученных в результате конечноэлементного моделирования и демонстрирующие снижение уровня напряжений в областях угловых соединений передней и боковой стенок около 30 %, передней стенки и дна – около 15 % в модернизированных конструкциях по сравнению с серийными, что, в совокупности, позволило обеспечить надежность конструкций цистерн пожарных автомобилей по критерию прочности и выработать научно обоснованные рекомендации по проектированию новых конструкций цистерн и модернизации существующих.

Официальный оппонент,  
заведующий кафедрой  
«Техническая физика и теоретическая механика»  
Учреждения образования  
«Белорусский государственный  
университет транспорта»  
доктор технических наук, профессор

А.О. Шимановский

08.12.2022

Личную подпись А.О. Шимановского удостоверяю

Начальник  С.И. Паранин

