

3D-МОДЕЛИРОВАНИЕ И ИССЛЕДОВАНИЕ НАПРЯЖЕННОГО СОСТОЯНИЯ СОВРЕМЕННЫХ КОНСТРУКЦИЙ РЕЗЕРВУАРОВ ПОЖАРНЫХ АВТОЦИСТЕРН ОБЪЕМОМ 5 М³ ИЗ КОМПОЗИТНОГО МАТЕРИАЛА И ВЫСОКОЛЕГИРОВАННОЙ СТАЛИ

Короткевич С.Г., Ковтун В.А., Ковалев П.В.

Цель. Расчет напряженного состояния и запаса прочности современных конструкций резервуаров пожарных автоцистерн объемом 5 м³ из композитного материала и высоколегированной стали с учетом эксплуатационных нагрузок.

Методы. Разработка 3D-моделей конструкций цистерн выполнялась в программном комплексе SolidWorks. Создание их конечно-элементных моделей и расчет проводились в модуле Static Structural программного комплекса ANSYS Workbench.

Результаты. Проведен анализ особенностей применения композитных материалов при современном производстве пожарных автоцистерн, представлены их преимущества по сравнению со стальными. Разработаны 3D-конечно-элементные модели конструкций цистерн объемом 5 м³ из усиленного армированного волокнистого стеклопластика и высоколегированной нержавеющей стали. Для проведения сравнительного расчета выбраны наиболее нагруженные режимы и условия, характеризующие особенности движения пожарных автомобилей к месту ликвидации чрезвычайных ситуаций. Расчет позволил установить зависимости, связывающие напряженное состояние конструкций цистерн с режимами движения пожарных автомобилей, а также выявить наиболее нагруженные узлы в конструкциях. Представлены результаты расчета запаса прочности конструкций цистерн с учетом эксплуатационных нагрузок.

Область применения исследований. Пожарные аварийно-спасательные подразделения, промышленные предприятия и высшие учебные заведения.

Ключевые слова: пожарный автомобиль, резервуар пожарной автоцистерны, режим движения, стеклопластик, высоколегированная сталь, конечно-элементная модель, напряженное состояние, запас прочности.

(Поступила в редакцию 10 апреля 2024 г.)

Введение

Традиционным материалом для изготовления конструкций резервуаров пожарных автоцистерн является легированная, а также углеродистая стали. Эффективность использования пожарных автомобилей напрямую зависит от материалоемкости конструкции цистерны, ее долговечности, стоимости производства и эксплуатационных расходов. В высокоразвитых в промышленном отношении странах существует устойчивая тенденция сокращения выпуска стали и увеличения производства полимерных материалов [1; 2]. При производстве с использованием данных материалов одним из преимуществ для Республики Беларусь является импортозамещение и разработка высококачественной технологичной конкурентоспособной продукции. Основные преимущества полимерных материалов перед сталями [3; 4]:

- высокая стойкость к химическому воздействию от перевозимых грузов (пенообразователь) и окружающей среды, а также отсутствие необходимости применения дорогих защитных покрытий;
- низкая теплопроводность;
- удельная прочность, отнесенная к массе конструкции, близкая к характеристике стали;
- возможность получения изделия сложной конфигурации за одну технологическую операцию;

– возможность увеличения полезной грузоподъемности пожарных автоцистерн на 25–35 %, т.к. вес композитных материалов в 3,5–4 раза меньше, чем у стали (плотность стеклопластиков 1800–2100 кг/м³, а углепластиков порядка 1500 кг/м³);

– внутренняя поверхность стенок резервуаров вследствие высокой чистоты и гладкости, а также плохой смачиваемости меньше загрязняется перевозимыми грузами и не подвержена биообрастанию;

– возможность повторного использования надстройки пожарного автомобиля (кабины и резервуара цистерны) после выработки эксплуатационного ресурса шасси посредством переустановки на новое шасси;

– ремонтпригодность и низкие эксплуатационные расходы.

Проведенный анализ показал, что при производстве резервуаров пожарных автоцистерн в Республике Беларусь и Российской Федерации широкое применение получил стеклопластик. Стоимость производства волокнистой полимерной композиции в значительной степени определяется расходами на необходимое технологическое оборудование, которое, в свою очередь, зависит от количества изготавливаемых изделий. На формование детали обычно затрачивается больше времени, чем на штамповку стального листа. Однако суммарная стоимость обработки металла включает несколько дополнительных операций. Так, вследствие исключения в ряде случаев работ по сборке и окраске композитный материал может иметь ценовое преимущество. Кроме того, при изготовлении конструкций из металла применяются дорогостоящие и трудоемкие операции по сварке и зачистке, нехарактерные для неметаллических материалов. Преимуществом стеклопластиков является высокая способность поглощать энергию вибрации, превышающую таковую для металлов в 3–4 раза. Они хорошо противостоят действию ударных и динамических нагрузок и обладают большой демпфирующей способностью [4]. Эти свойства особенно важны для резервуаров пожарных автоцистерн, когда условия эксплуатации и колебания перевозимой жидкости при движении пожарного автомобиля оказывают значительные динамические воздействия на конструкцию резервуара.

Таким образом, ввиду высокой актуальности разработки и применения конструкций резервуаров из композитных материалов целью работы является расчет напряженного состояния и запаса прочности современных конструкций резервуаров пожарных автоцистерн объемом 5 м³ из композитного материала и высоколегированной стали с учетом эксплуатационных нагрузок.

Основная часть

Методика исследований. В качестве объекта исследований выбраны наиболее распространенные модели пожарных автоцистерн на шасси МАЗ-5337 (модельный ряд с 2014 года выпуска) и МАЗ-5309 (модельный ряд с 2020 года выпуска)¹ с резервуаром объемом 5 м³, которые представлены на рисунке 1. Конструкции цистерн имеют прямоугольное сечение, состоят из передней, задней, боковых стенок, дна и крыши с геометрическими размерами (1900×2200×1200) и (2400×1550×1400) мм соответственно. Резервуары опираются на лонжероны, внутри расположены поперечные и продольные волноломы, а в конструкциях на шасси МАЗ-5309 дополнительно размещен пенобак. Создание 3D-расчетных моделей в масштабе 1:1 проводилось в программном комплексе SolidWorks 2018: версия 26. Конструкция резервуара объемом 5 м³ пожарной автоцистерны на шасси МАЗ-5337 выполнена с элементами, повышающими прочность, дно резервуара усилено поперечно расположенными профилями П-образного сечения (рис. 2а), стенки и внутренние элементы изготовлены из листового металла высоколегированной нержавеющей

¹ Продукция компании ПОЖСНАБ [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://pozhsnab.com/nproduction/378/256/>. – Дата доступа: 17.03.2024.

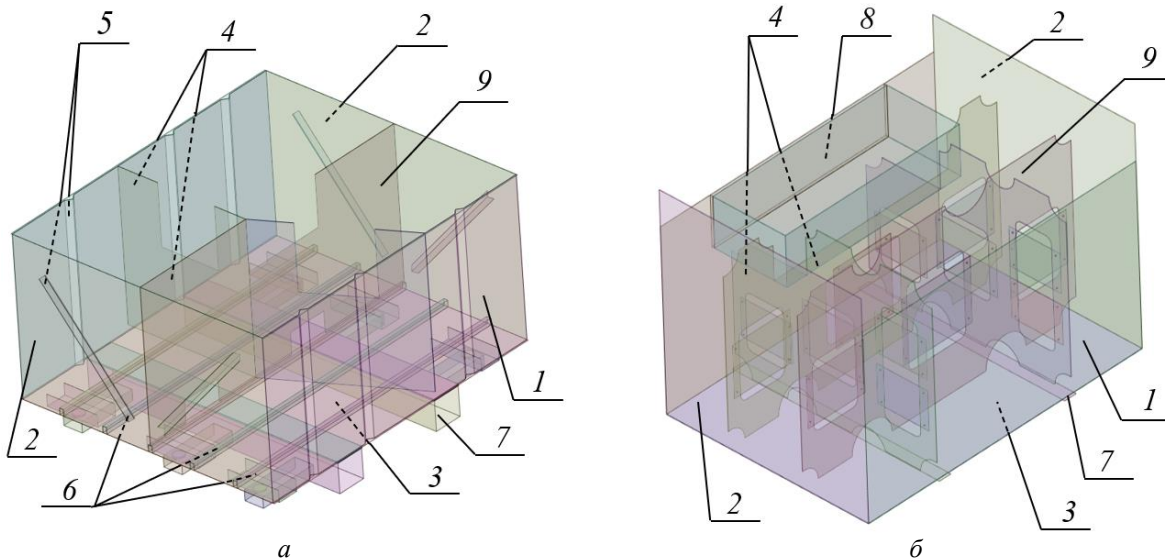
стали марки AISI 430 2B (12X17 по ГОСТ 5582-1975²) толщиной 3 мм, дно – 4 мм. Конструкция резервуара объемом 5 м³ пожарной автоцистерны на шасси МАЗ-5309 изготовлена из усиленного армированного волокнистого стеклопластика на основе полиэфирной смолы (рис. 2б), стенки резервуара имеют толщину 40 мм, дно и крыша – 10 мм, волноломы – 6,5 мм. Отличительной особенностью данной конструкции является отсутствие внутри резервуара дополнительных элементов, повышающих ее прочность.



а – модельный ряд с 2014 года выпуска

б – модельный ряд с 2020 года выпуска

Рисунок 1. – Пожарные автоцистерны на шасси МАЗ-5337 (а) и МАЗ-5309 (б)



1 – передняя стенка; 2 – боковые стенки; 3 – дно; 4 – волноломы (внутренние продольные и поперечные);
5 – ребра жесткости; 6 – поперечные усиления в виде профилей П-образного сечения;
7 – продольные лонжероны; 8 – пенобак; 9 – крыша

Рисунок 2. – 3D-расчетные модели резервуаров объемом 5 м³ пожарных автоцистерн на шасси МАЗ-5337 (а) и МАЗ-5309 (б)

Создание конечно-элементных моделей резервуаров пожарных автоцистерн и их расчет проводились в модуле Static Structural программного комплекса ANSYS Workbench версии 20.1. Формой элементов дискретизации принят гексаэдр (метод Hex Dominant). Для связи элементов компьютерной модели использовался связанный (Bonded) контакт. Контактная задача решалась методом Лагранжа (Augmented Lagrange Method). Разработанные конечно-элементные модели резервуаров объемом 5 м³ пожарных

² Прокат тонколистовой коррозионно-стойкой, жаростойкой и жаропрочной. Технические условия = Stainless and Heat-Resisting Sheet. Specifications: ГОСТ 5582-75. – Введ. 01.01.77. – М.: Издательство стандартов, 1975. – 15 с.

автоцистерн на шасси МАЗ-5337 и МАЗ-5309 содержат соответственно 96 174 узла и 81 608 элементов (рис. 3а), 85 090 узлов и 84 658 элементов (рис. 3б) с размерами граней 0,02 м.

Свойства материалов, задаваемых при расчете, представлены в таблице 1.

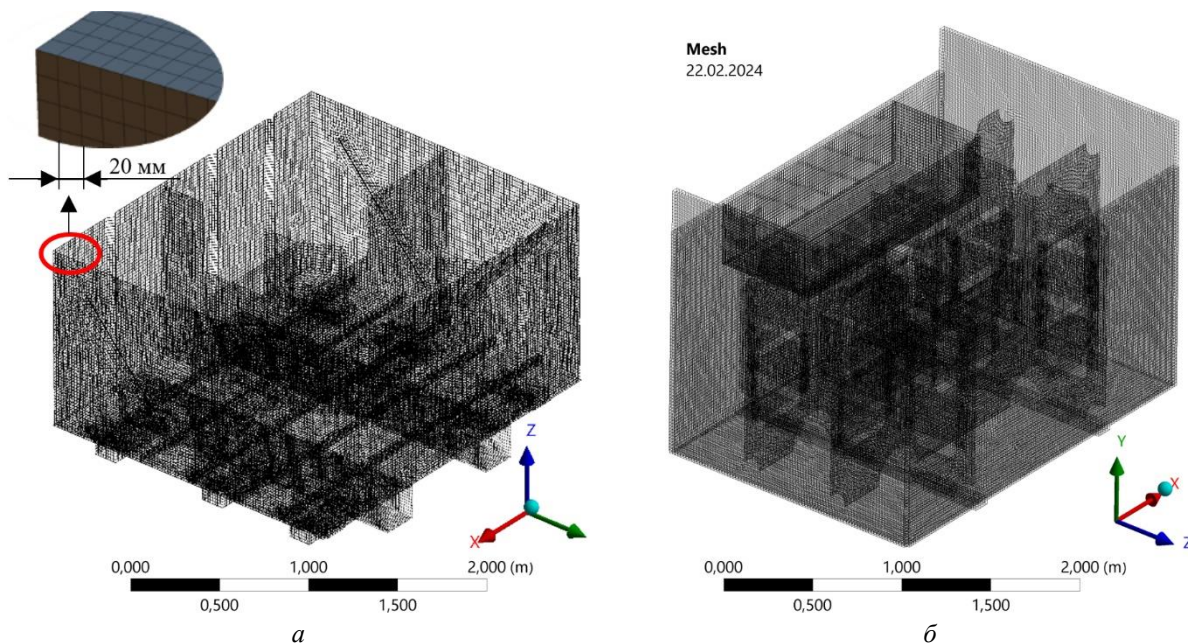


Рисунок 3. – Конечно-элементные модели резервуаров объемом 5 м³ пожарных автоцистерн на шасси МАЗ-5337 (а) и МАЗ-5309 (б)

Таблица 1. – Механические характеристики материалов, задаваемые при расчете конструкций резервуаров пожарных автоцистерн

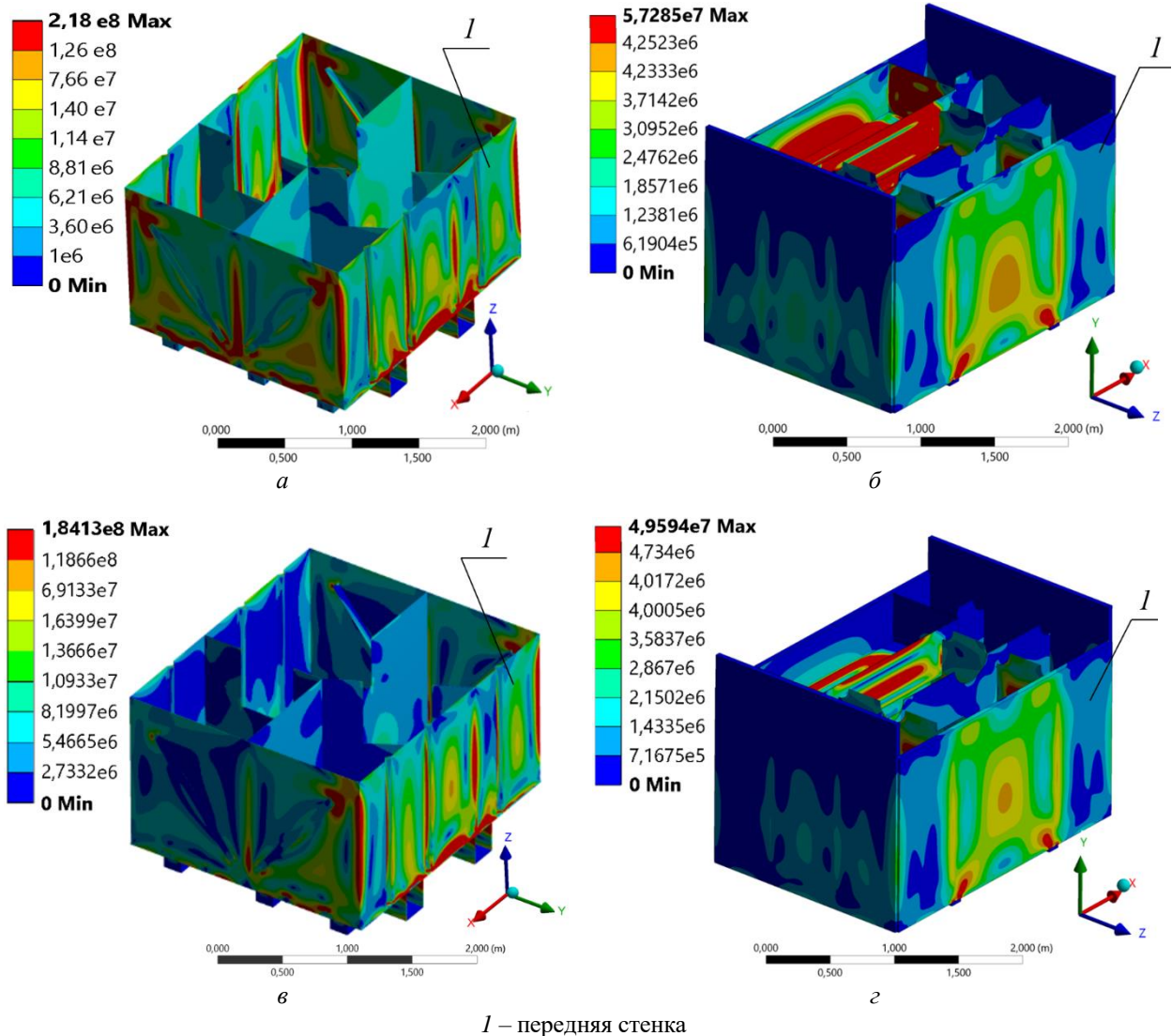
Параметр	Нержавеющая сталь марки AISI 430 2В (12Х17) ³	Усиленный армированный стеклопластик [3; 4]
Модуль сдвига, ГПа	76,923	29,918
Объемный модуль, ГПа	166,67	43,452
Плотность, кг/м ³	7700	2100
Модуль Юнга, ГПа	200	73
Коэффициент Пуассона	0,3	0,25
Предел прочности при растяжении, МПа	460	105
Предел текучести при растяжении, МПа	205	–

Для проведения сравнительного расчета выбраны наиболее нагруженные режимы и условия, характеризующие особенности движения пожарных автоцистерн к месту ликвидации чрезвычайных ситуаций: режим № 1 – движение по грунтовым дорогам категории VI-б с допустимой скоростью 20–30 км/ч; режим № 2 – ускорение с места по прямому участку асфальтированной дороги до скорости 30 км/ч и экстренное торможение до полной остановки пожарного автомобиля. Далее проводилась настройка условий нагружения пожарных автоцистерн. Для каждого режима движения заданы гидравлическое давление на стенки резервуара с учетом вектора действующей силы (по осям XYZ) [5–7] и плотности жидкости, а также установленное экспериментально максимальное значение ускорения, возникающего под действием инерционных нагрузок в конструкции. В настройках Hydrostatic Acceleration для каждой расчетной модели заданы одинаковые максимальные значения ускорения, возникающего в конструкции резервуара под действием инерционных нагрузок, которые получены экспериментально для пожарных автоцистерн на шасси МАЗ-5337 с использованием измерительного вибродиагностического оборудования: режим № 1 – 22,3 м/с²; режим № 2 –

³ Standard Specification for Chromium and Chromium-Nickel Stainless Steel Plate, Sheet, and Strip for Pressure Vessels and for General Applications: ASTM A240/A240M [Electronic resource]. – Mode of access: https://kupdf.net/download/astm-a240pdf_595c9ec0dc0d608b47e1ce2e_pdf. – Date of access: 17.03.2024.

15,8 м/с² [8]. Данное допущение позволит провести сравнительный расчет конструкций при одинаковом уровне нагруженности, при этом для резервуара из стеклопластика, ввиду большой демпфирующей способности материала при ударных и динамических нагрузках, уровень нагруженности следует считать несколько завышенным.

Результаты исследований. Расчет напряженного состояния резервуаров пожарных автоцистерн позволил исследовать характер формирования и распределения полей напряжений, возникающих в конструкциях. На рисунке 5 представлены полученные модели распределения полей эквивалентных напряжений по Мизесу в конструкциях резервуаров объемом 5 м³ в зависимости от режимов движения пожарных автоцистерн на шасси МАЗ-5337 и МАЗ-5309.

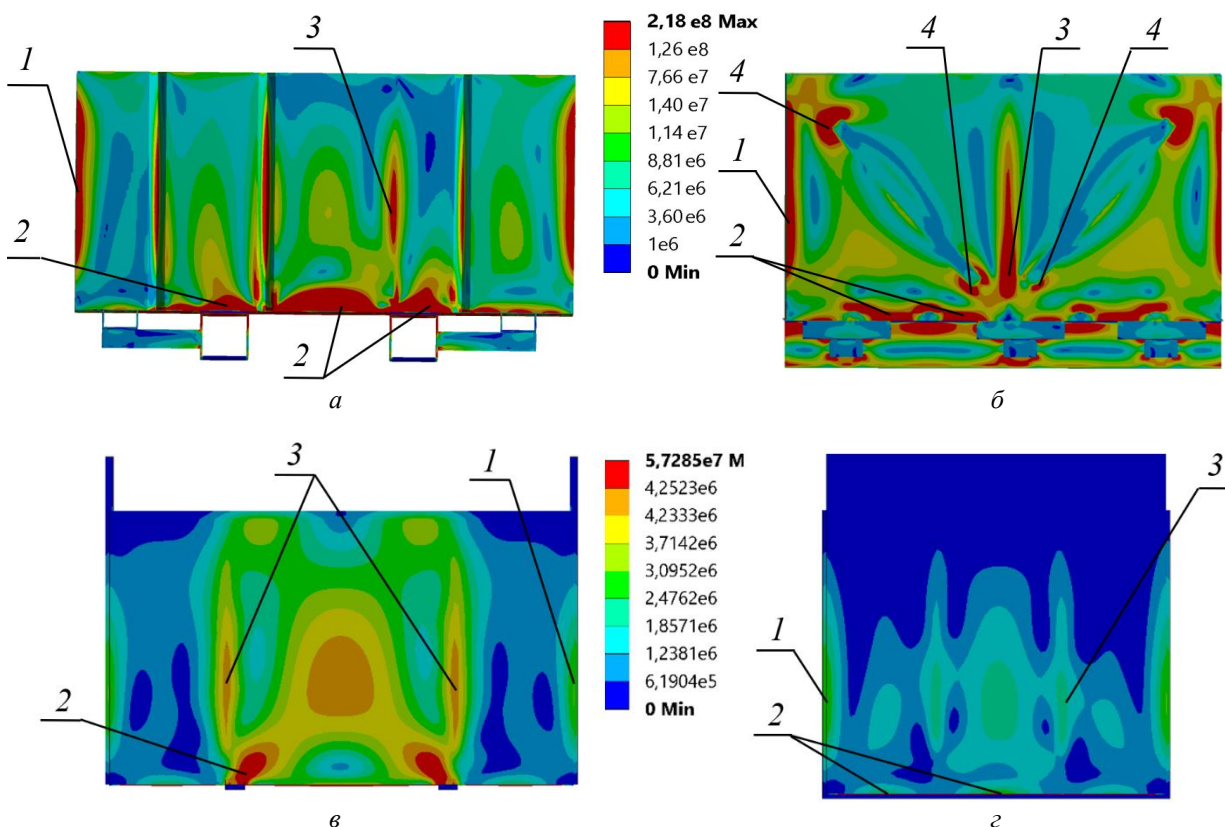


I – передняя стенка

Рисунок 5. – 3D-модели распределения полей эквивалентных напряжений по Мизесу в конструкциях резервуаров объемом 5 м³ пожарных автоцистерн на шасси МАЗ-5337 (а, в) и МАЗ-5309 (б, г) при моделировании режимов № 1 (а, б) и № 2 (в, г), Па

Анализ распределения полей эквивалентных напряжений по Мизесу позволил установить узлы в конструкции резервуара объемом 5 м³ пожарной автоцистерны на шасси МАЗ-5337, которые подвержены наибольшим нагрузкам: угловые соединения стенок; угловые соединения передней, задней стенок и дна; тавровые соединения волноломов и стенок; тавровые соединения ребер жесткости и боковых стенок (рис. ба и бб), а для резервуара пожарной автоцистерны на шасси МАЗ-5309 – угловые соединения стенок;

угловые соединения передней, задней стенок и дна; тавровые соединения волноломов и стенок (рис. 6в и 6з).



1 – угловые соединения стенок; 2 – угловые соединения передней, задней стенок и дна; 3 – тавровые соединения волноломов и стенок; 4 – тавровые соединения ребер жесткости и боковых стенок
Рисунок 6. – Результаты расчета напряженного состояния конечно-элементных моделей резервуаров объемом 5 м³ пожарных автоцистерн на шасси МАЗ-5337 (а, в) и МАЗ-5309 (б, з) при моделировании режима движения № 1: распределение полей эквивалентных напряжений в конструкции (передние стенки (а, в) и боковые стенки (б, з)), Па

На рисунке 7 представлены полученные в результате расчета зависимости эквивалентных напряжений по Мизесу, возникающих в наиболее нагруженных узлах серийных резервуаров объемом 5 м³, от режимов движения пожарных автоцистерн на шасси МАЗ-5337 и МАЗ-5309. В результате проведенных исследований установлено, что наибольшие эквивалентные напряжения по Мизесу возникают при моделировании режима № 1, при этом максимальные значения эквивалентных напряжений по Мизесу в конструкциях резервуаров объемом 5 м³ составляют $\sigma_{\text{экв}} = 136\text{--}156$ МПа для пожарных автоцистерн на шасси МАЗ-5337 и $\sigma_{\text{экв}} = 18\text{--}29$ МПа для пожарных автоцистерн на шасси МАЗ-5309 соответственно.

Проведен сравнительный расчет напряженного состояния резервуаров объемом 5 м³ пожарных автоцистерн на шасси МАЗ-5337 и МАЗ-5309 для наиболее нагруженного режима движения (режим № 1 – движение по грунтовой дороге категории VI-б с допустимой скоростью 20–30 км/ч), при этом основное внимание уделено характеру формирования нормальных напряжений.

На рисунке 8 представлен фрагмент 3D-моделей распределения полей нормальных напряжений, возникающих в областях угловых соединений конструктивных элементов резервуаров. В результате расчета установлено, что наибольшая величина данных напряжений наблюдается в продольном направлении резервуаров из высоколегированной стали и усиленного волокнистого стеклопластика, при этом максимальные значения данных

напряжений наблюдаются в областях угловых соединений и составляют $\sigma_y = 148\text{--}161$ МПа, $\sigma_z = 31\text{--}37$ МПа соответственно.

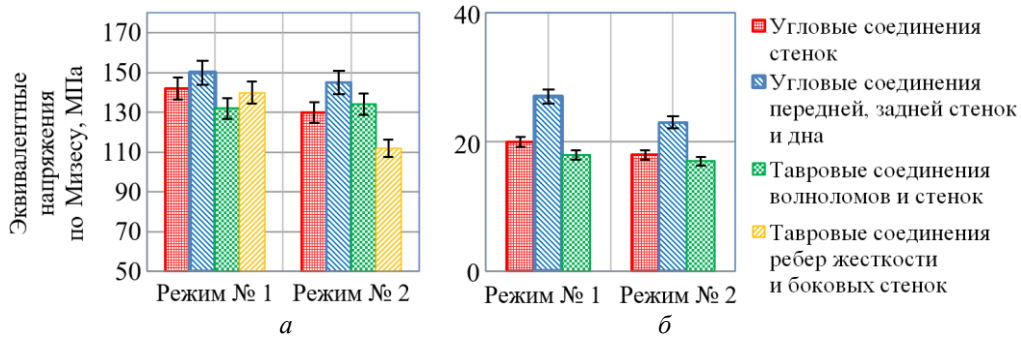
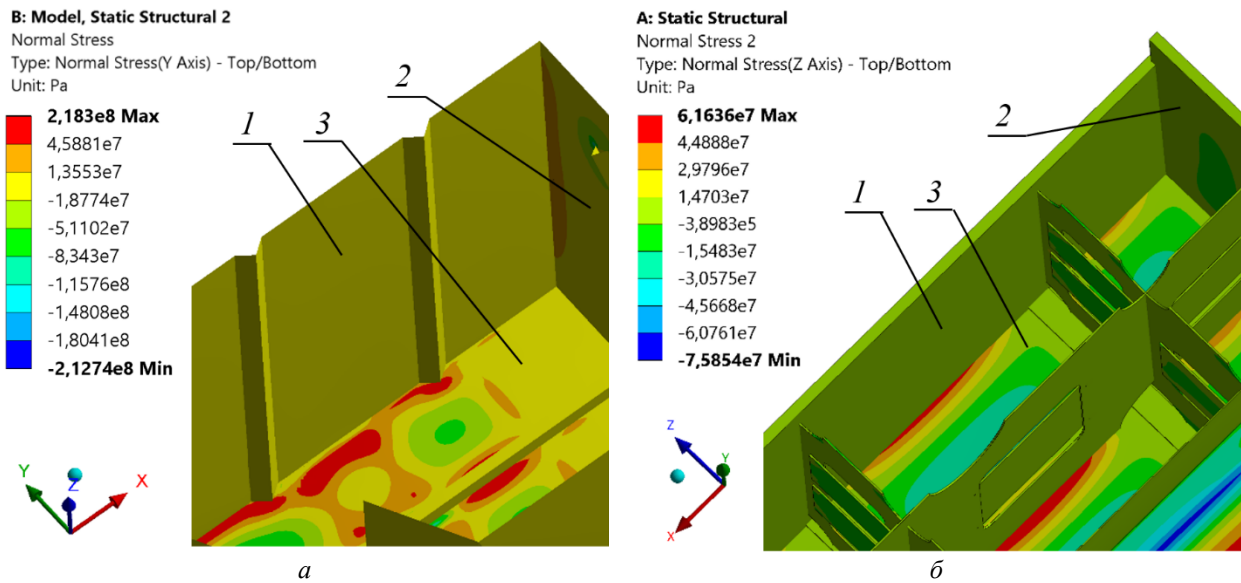


Рисунок 7. – Зависимость эквивалентных напряжений по Мизесу, возникающих в наиболее нагруженных узлах резервуаров объемом 5 м³ от режимов движения пожарных автоцистерн на шасси МАЗ-5337 (а) и МАЗ-5309 (б)



1 – передняя стенка; 2 – боковая стенка; 3 – дно

Рисунок 8. – Фрагмент распределения полей нормальных напряжений в конструкциях резервуаров объемом 5 м³ пожарных автоцистерн на шасси МАЗ-5337 (а) и МАЗ-5309 (б) при моделировании режима движения № 1 (вид изнутри угловых соединений передней, боковой стенок и дна), Па

На рисунке 9 представлены полученные значения нормальных напряжений, возникающих в наиболее нагруженных узлах резервуаров объемом 5 м³ пожарных автоцистерн на шасси МАЗ-5337 и МАЗ-5309.

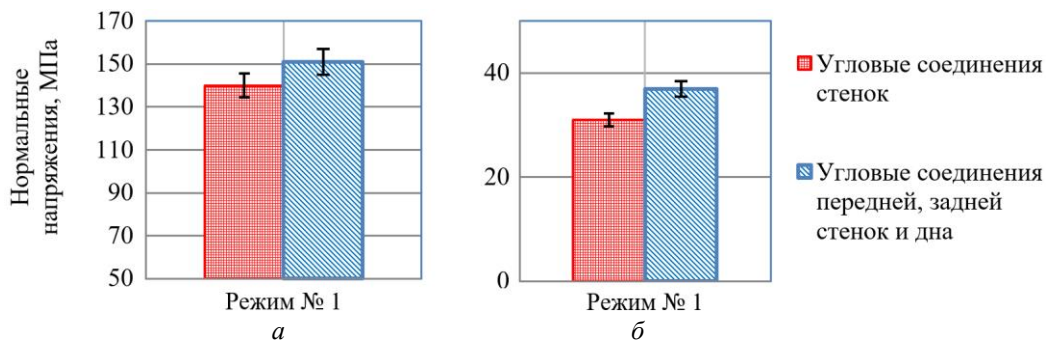


Рисунок 9. – Нормальные напряжения, возникающие в наиболее нагруженных узлах резервуаров объемом 5 м³ пожарных автоцистерн на шасси МАЗ-5337 (а) и МАЗ-5309 (б)

На основании полученных данных проведены расчеты запаса прочности для наиболее нагруженных узлов конструкций резервуаров пожарных автоцистерн (рис. 10).

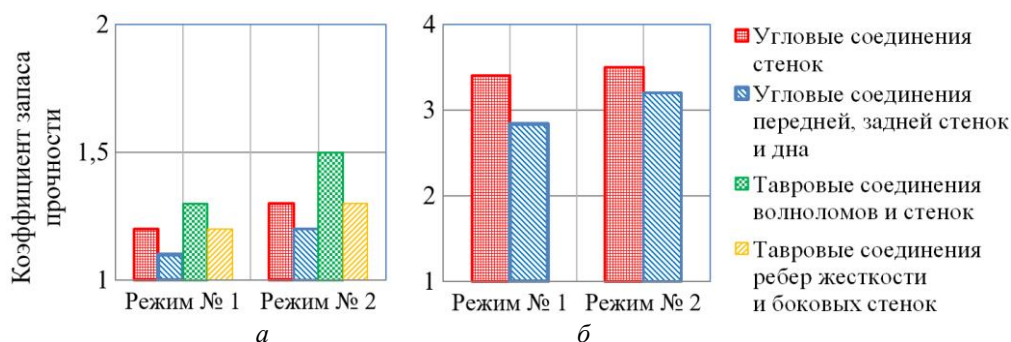


Рисунок 10. – Зависимости коэффициентов запаса прочности для наиболее нагруженных узлов резервуаров объемом 5 м³ от режимов движения пожарных автоцистерн на шасси МАЗ-5337 (а) и МАЗ-5309 (б)

Результаты расчета для наиболее нагруженного режима движения пожарных автоцистерн показали, что коэффициент запаса прочности по пределу прочности при растяжении n_p для резервуара из усиленного волокнистого стеклопластика составил от 2,8 до 3,4, при этом коэффициент запаса прочности по пределу текучести n_t для резервуара из высоколегированной стали составил от 1,1 до 1,3.

Заключение

На основании проведенного анализа установлено, что в Республике Беларусь и Российской Федерации при производстве резервуаров пожарных автоцистерн широкое распространение получил стеклопластик, что обусловлено значительным количеством преимуществ данного материала по сравнению с металлом.

В результате проведенных исследований разработаны 3D-конечно-элементные модели конструкций резервуаров объемом 5 м³ из высоколегированной стали, установленных на пожарных автоцистернах на шасси МАЗ-5337 и из усиленного армированного волокнистого стеклопластика, установленных на пожарных автоцистернах на шасси МАЗ-5309, которые адаптированы к различным эксплуатационным режимам движения и позволили исследовать возникающее напряженное состояние. В результате расчета установлены зависимости, связывающие напряженное состояние резервуаров с режимами движения пожарных автоцистерн, а также установлены наиболее нагруженные узлы в конструкциях: угловые и тавровые соединения элементов.

В результате проведенных исследований показано, что наибольшие эквивалентные напряжения по Мизесу в резервуарах возникают при моделировании режима № 1: движение пожарных автоцистерн на шасси МАЗ-5337 и МАЗ-5309 по грунтовой дороге категории VI-б с допустимой скоростью 20–30 км/ч, при этом их уровень в 5–7 раз ниже у резервуара из усиленного армированного волокнистого стеклопластика. Аналогичный порядок расчетных значений показал характер формирования нормальных напряжений. Таким образом, коэффициент запаса прочности резервуара объемом 5 м³, выполненного из усиленного армированного волокнистого стеклопластика, пожарной автоцистерны на шасси МАЗ-5309 в 2,5–2,7 раза больше, чем у резервуара объемом 5 м³, выполненного из высоколегированной нержавеющей стали, пожарной автоцистерны на шасси МАЗ-5337.

В Республике Беларусь производителем пожарной техники является общество с ограниченной ответственностью «ПОЖСНАБ», которое производит пожарные автоцистерны различного класса на базе шасси МАЗ, КамАЗ, УралАЗ, ЗиЛ, ГАЗ, VW, IVECO. Конструкции резервуаров пожарных автоцистерн, изготовленные из усиленного армированного стеклопластика, обладают следующими характеристиками: предел прочности при поперечном изгибе – не менее 145 МПа, предел упругости при поперечном

изгибе – не менее 6,7 ГПа, предел прочности на растяжение – не менее 105 МПа, предел пропорциональности (на растяжение) – не менее 104 МПа. Параметры подтверждены протоколами испытаний № ПРО-Ц65.0007/18(0), № ПРО-Ц65.0008/18(0), № ПРО-Ц65.0009/18(0), № ПРО-Ц65.0010/18(0), № ПРО-Ц65.0011/18(0) от 12 марта 2018 г., выданными ГНУ «Объединенный институт машиностроения Национальной академии наук Беларуси». Имеющееся собственное высокотехнологичное производство обеспечивает проектирование и выпуск кузовных надстроек, включая резервуары для воды и емкостей для пенообразователя, второй кабины и модуля для боевого расчета из усиленного (армированного) волокнистого стеклопластика. При этом на все элементы предоставляется 10 лет гарантии.

ЛИТЕРАТУРА

1. Shankaregowda, K.C. Computational analysis of fatigue life of S-glass/epoxy composite drive shaft / K.C. Shankaregowda, H.S. Sridhar, S.M. Ravi // International Journal of Innovative Research in Science, Engineering and Technology. – 2018. – Vol. 7. – Spec. iss. 7 (RTME & AS-2018). – P. 28–34. – Url: https://www.ijirset.com/upload/2018/rtmeas/4_rtmeas8.pdf.
2. Власов, Д.Д. Об упрощенных методах определения упругих постоянных слоистых полимерных композитов / Д.Д. Власов, О.Ю. Склемина, А.Э. Поляков // Пластические массы. – 2023. – № 11–12. – С. 17–20. – DOI: 10.35164/0554-2901-2023-11-12-17-20. – EDN: RYTWVV.
3. Афанасьев, Б.А. Проектирование элементов автомобиля из полимерных композиционных материалов: учеб. пособие / Б.А. Афанасьев, И.З. Даштиев; под ред. Б.А. Афанасьева. – М.: Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2006. – 91 с.
4. Бобович, Б.Б. Полимерные конструкционные материалы (структура, свойства, применение): учеб. пособие / Б.Б. Бобович. – М.: Форум, Инфра-М, 2019. – 400 с.
5. Ковтун, В.А. Компьютерное моделирование и исследование напряженно-деформированного состояния конструкций цистерн пожарных автомобилей / В.А. Ковтун, С.Г. Короткевич, В.А. Жаранов // Вестник Университета гражданской защиты МЧС Беларуси. – 2018. – Т. 2, № 1. – С. 81–90. – DOI: 10.33408/2519-237X.2018.2-1.81. – EDN: YSGWWC.
6. Kandasamy, T. An analysis of baffles designs for limiting fluid slosh in partly filled tank trucks / T. Kandasamy, S. Rakheja, A.K. W. Ahmed // The Open Transportation Journal. – 2010. – Vol. 4. – P. 23–32. – DOI: 10.2174/1874447801004010023.
7. Wang, W. A numerical study of the effects of the T-shaped baffles on liquid sloshing in horizontal elliptical tanks / W. Wang [et al.] // Ocean Engineering. – 2016. – Vol. 111. – P. 543–568. – DOI: 10.1016/j.oceaneng.2015.11.020.
8. Ковтун, В.А. Исследование ускорений, возникающих под действием инерционных нагрузок в конструкциях цистерн пожарных автомобилей при движении к месту ликвидации чрезвычайных ситуаций / В.А. Ковтун, С.Г. Короткевич // Вестник Университета гражданской защиты МЧС Беларуси. – 2024. – Т. 8, № 1. – С. 43–56. – DOI: 10.33408/2519-237X.2024.8-1.43. – EDN: KVVZA.

3D-моделирование и исследование напряженного состояния современных конструкций резервуаров пожарных автоцистерн объемом 5 м³ из композитного материала и высоколегированной стали
3D-modeling and the research of the stress state of modern 5 m³ tank's construction of fire trucks made of composite materials and high-alloy steel

Короткевич Сергей Геннадьевич

кандидат технических наук

Государственное учреждение образования «Университет гражданской защиты Министерства по чрезвычайным ситуациям Республики Беларусь», кафедра промышленной безопасности, доцент

Адрес: ул. Машиностроителей, 25, 220118, г. Минск, Беларусь

Email: korotkevichsergei@mail.ru

SPIN-код: 4719-8914

Sergey G. Korotkevich

PhD in Technical Sciences

State Educational Establishment «University of Civil Protection of the Ministry for Emergency Situations of the Republic of Belarus», Chair of Industrial Safety, Associate Professor

Address: Mashinostroiteley str., 25, 220118, Minsk, Belarus

Email: korotkevichsergei@mail.ru

ORCID: 0000-0002-9388-0881

Ковтун Вадим Анатольевич

доктор технических наук, профессор

Филиал «Институт профессионального образования» государственного учреждения образования «Университет гражданской защиты Министерства по чрезвычайным ситуациям Республики Беларусь», кафедра оперативно-тактической деятельности и техники, профессор

Адрес: пр-т Речицкий, 35А, 246023, г. Гомель, Беларусь

Email: vadimkov@yandex.ru

SPIN-код: 3383-9618

Vadim A. Kovtun

Grand PhD in Technical Sciences, Professor

Branch «Institute of Vocational Education» of the State Educational Establishment «University of Civil Protection of the Ministry for Emergency Situations of the Republic of Belarus», Chair of Operational-Tactical Activity and Technical Equipment, Professor

Address: Rechitskiy ave., 35A, 246023, Gomel, Belarus

Email: vadimkov@yandex.ru

ORCID: 0000-0001-9510-132X

ScopusID: 7006098716

Ковалев Павел Викторович

Общество с ограниченной ответственностью «ПОЖСНАБ», технический отдел, главный конструктор

Адрес: ул. 3-го Интернационала, 186г, 222514, г. Борисов, Минская обл., Беларусь

Email: tech@pozhsnab.com

Pavel V. Kovalev

Limited Liability Company «POZHSNAB», Technical Department, Chief Designer

Address: 3rd Internatsionala str., 186g, 222514, Borisov, Minsk region, Belarus,

Email: tech@pozhsnab.com

3D-MODELING AND THE RESEARCH OF THE STRESS STATE OF MODERN 5 M³ TANK'S CONSTRUCTION OF FIRE TRUCKS MADE OF COMPOSITE MATERIALS AND HIGH-ALLOY STEEL

Korotkevich S.G., Kovtun V.A., Kovalev P.V.

Purpose. Calculation of the stress state and safety margin of modern 5 m³ tank's construction of fire trucks made of composite materials and high-alloy steel considering operational loads.

Methods. The development of 3D-models of tank structures was carried out using the SolidWorks software package. The creation of their finite element models and calculations were carried out in the Static Structural module of the ANSYS Workbench software package.

Findings. The analysis of the composite materials' features utilization in the modern production of fire trucks is carried out. Their advantages in comparison with steel ones are presented. 3D finite element models of 5 m³ tank structures made of reinforced fibrous fiberglass and high-alloy stainless steel have been developed. To carry out a comparative calculation, the most loaded modes and conditions characterizing the features of the movement of fire trucks moving to emergency response place were selected. The calculation made it possible to establish dependencies linking the stressed state of tank structures with the modes of movement of fire trucks, as well as to identify the most loaded nodes in the structures. The results of calculating the safety margin of tank structures considering operational loads are presented.

Application field of research. Firefighting rescue units, industrial enterprises and higher educational institutions.

Keywords: fire truck, fire tanker reservoir, driving mode, stack plastic, high-alloy steel, finite element model, stress state, safety margin.

(The date of submitting: April 10, 2024)

REFERENCES

1. Shankaregowda K.C., Sridhar H.S., Ravi S.M. Computational analysis of fatigue life of S-glass/epoxy composite drive shaft. *International Journal of Innovative Research in Science, Engineering and Technology*, 2018. Vol. 7. Spec. iss. 7 (RTME & AS-2018). Pp. 28–34. Url: https://www.ijirset.com/upload/2018/rtmeas/4_rtmeas8.pdf.
2. Vlasov D.D., Sklemina O.Yu., Polyakov A.E. Ob uproshchennykh metodakh opredeleniya uprugikh postoyannykh sloistyykh polimernyykh kompozitov [On simplified methods for determining the elastic constants of layered polymer composites]. *Plasticheskie massy*, 2023. No. 11–12. Pp. 17–20. (rus). DOI: 10.35164/0554-2901-2023-11-12-17-20. EDN: RYTWVV.
3. Afanas'ev B.A., Dashtiev I.Z. Proektirovanie elementov avtomobilya iz polimernyykh kompozitsionnykh materialov [Design of automobile elements made of polymer composite materials]: tutorial. Moscow: Bauman Moscow State Technical University, 2006. 91 p. (rus)
4. Bobovich B.B. Polimernye konstruksionnye materialy (struktura, svoystva, primeneniye) [Polymer structural materials (structure, properties, application)]: tutorial. Moscow: Forum, Infra-M, 2019. 400 p. (rus).
5. Kovtun V.A., Korotkevich S.G., Zharanov V.A. Kompyuternoe modelirovanie i issledovanie napryazhenno-deformirovannogo sostoyaniya konstruksiy tsistern pozharnykh avtomobiley [Computer simulation and research of the stress-strain state of fire tank truck construction]. *Journal of Civil Protection*, 2018. Vol. 2, No. 1. Pp. 81–90. (rus). DOI: 10.33408/2519-237X.2018.2-1.81. EDN: YSGWWC.
6. Kandasamy T., Rakheja S., Ahmed A.K.W. An analysis of baffles designs for limiting fluid slosh in partly filled tank trucks. *The Open Transportation Journal*, 2010. Vol. 4. Pp. 23–32. DOI: 10.2174/1874447801004010023.
7. Wang W., Guo Z., Peng Y., Zhang Q. A numerical study of the effects of the T-shaped baffles on liquid sloshing in horizontal elliptical tanks. *Ocean Engineering*, 2016. Vol. 111. Pp. 543–568. DOI: 10.1016/j.oceaneng.2015.11.020.
8. Kovtun V.A., Korotkevich S.G. Issledovanie uskoreniy, vznikayushchikh pod deystviem inertsiionnykh nagruzok v konstruksiyakh tsistern pozharnykh avtomobiley pri dvizhenii k mestu likvidatsii chrezvychaynykh situatsiy [Research of accelerations arising under the action of inertial loads in the structures of fire truck tanks when moving to the place of emergency liquidation]. *Journal of Civil Protection*, 2024. Vol. 8, No. 1. Pp. 43–56. (rus). DOI: 10.33408/2519-237X.2024.8-1.43. EDN: KVVVAZ.