

УДК 614.846.63

С. Г. КОРОТКЕВИЧ¹, В. А. КОВТУН¹, В. А. ЛОДНЯ²¹ Университет гражданской защиты МЧС Беларуси, Минск, Беларусь² Белорусский государственный университет транспорта, Гомель, Беларусь

ЭКСПЛУАТАЦИОННАЯ НАГРУЖЕННОСТЬ РЕЗЕРВУАРОВ ДЛЯ ВОДЫ ПОЖАРНЫХ АВТОЦИСТЕРН

Выполнен анализ влияния режимов и условий эксплуатации пожарных автоцистерн на шасси МАЗ-5337 и МАЗ-6317 на уровень инерционных нагрузок, действующих на их резервуары. Установлены диапазоны ускорений, возникающих в конструкциях резервуаров для воды объемом 5, 8 и 10 м³ при различных режимах движения. Показано, что максимальные ускорения наблюдаются в случае движения пожарных автомобилей по грунтовой дороге категории VI-б со скоростью 20–30 км/ч.

Ключевые слова: пожарный автомобиль, резервуар автоцистерны, режим движения, датчик, ускорение.

Введение. При производстве пожарных автомобилей особенно важным является соблюдение повышенных требований к прочности конструкций резервуаров автоцистерн, которые при движении испытывают значительные нагрузки [1, 2]. Это обусловлено, в первую очередь, частым использованием при ежедневной эксплуатации таких режимов, как ускорение, торможение, поворот. Согласно статистике, в нашей стране более 60 % всех пожаров происходит в сельской местности и природных экосистемах, что приводит к необходимости движения пожарных автоцистерн по проселочным дорогам и в условиях бездорожья. В таких случаях конструкции резервуаров автоцистерн испытывают значительные инерционные нагрузки, которые передаются через раму шасси, а также обусловлены колебаниями перевозимой жидкости. Действующие на автоцистерны динамические нагрузки становятся причиной нарушения герметичности конструкций резервуаров. Поэтому существует необходимость в разработке подходов, позволяющих повысить надежность и долговечность резервуаров пожарных автоцистерн.

Вибродиагностика является современным и точным средством контроля состояния сложных технических систем, которые подвержены воздействиям множества факторов в различных условиях эксплуатации. К таким системам в первую очередь относится автомобильный транспорт [3–5]. В общем случае в целях вибрационного контроля состояния машин используют акселерометры, выходной сигнал которых подвергается соответствующему преобразованию для получения требуемой величины; датчики скорости, выходной сигнал которых может быть проинтегрирован для получения сигнала перемещения; датчики бесконтактного типа, выходной сигнал которых пропорционален относительному перемещению подвижных частей машины [6]. Акселерометры являются датчиками инерционного типа. Их выходной сигнал пропорционален ускорению поверхности, на которой они установлены. Выбор датчика зависит от условий его применения.

Проведенный анализ показал, что применение пьезоэлектрических виброизмерительных преобразователей (акселерометров) [7, 8] дает возможность оценки величин максимальных ускорений, возникающих под действием инерционных нагрузок в конструкциях резервуаров пожарных автоцистерн при различных режимах движения. Для проведения экспериментальных исследований целесообразно использование однокомпонентных пьезоэлектрических акселерометров типа 352С18, в которых в качестве пьезоэлемента используется пьезокерамика [9]. Согласно данным периодической аттестации таких датчиков погрешность по коэффициенту преобразования не превышает 5 %.

Целью работы является экспериментальный анализ влияния режимов движения пожарных автомобилей на значения ускорений, возникающих в конструкциях резервуаров автоцистерн под действием инерционных нагрузок.

Постановка эксперимента и результаты исследований. В качестве объекта исследований выбраны пожарные автоцистерны на шасси МАЗ-5337 с объемом резервуаров 5 м³, а также на шасси МАЗ-6317 с объемом резервуаров 8 и 10 м³, которые наиболее распространены в Республике Беларусь.

Эксперимент проводился при полностью заполненных водой резервуарах автоцистерн, чего требует специфика работы пожарных автомобилей. Датчики устанавливались снаружи конструкции резервуаров равноудаленно по отношению к сварным швам, ребрам жесткости и иным элементам, влияющим на жесткость конструкции [10]. Анализ схемы гидравлического нагружения резервуара автоцистерны показал, что устанавливать датчики на его передней и боковой стенках необходимо на высоте 1/3 от дна (рисунок 1).

Работа измерительного оборудования осуществлялась при температуре окружающей среды 22 °С. При подготовке измерительного комплекса Larson-Davis 2900 выполнена установка нулевого значения ускорения, а также нахождение диапазона изменения измеряемой величины. Испытания были сведены к измерению общего уровня ускорения, возникающего в конструкции резервуаров пожарных автоцистерн при различных параметрах и условиях движения автомобилей. На измерительном комплексе устанавливались следующие настройки: усреднение сигнала – экспоненциальное, время усреднения – 1 с, вид оконной функции быстрого преобразования Фурье – окно Хеннинга.

Выполненный анализ показал, что при движении пожарных автоцистерн к месту возникновения пожара наиболее типичными являются следующие режимы:

1) движение со скоростью 50 ± 2 км/ч по прямому участку асфальтированной дороги;

2) движение с допустимой скоростью 20–30 км/ч по грунтовой дороге категории VI-б (рисунок 2);

3) движение со скоростью 50 ± 2 км/ч по прямому участку асфальтированной дороги с последующим замедлением двигателем до скорости 10–15 км/ч для вхождения в левый поворот на 90°;

4) ускорение с места до скорости 30 ± 2 км/ч по прямому участку асфальтированной дороги и экстренное торможение до полной остановки.

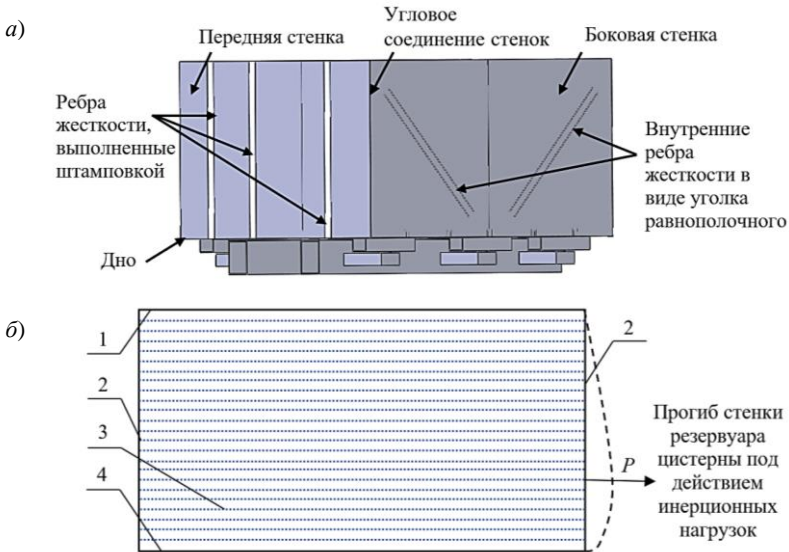


Рисунок 1 – Модель (а) и схема гидравлического нагружения (б) резервуара пожарной автоцистерны:

1 – крыша; 2 – стенка; 3 – перевозимая жидкость; 4 – дно; P – давление жидкости



Рисунок 2 – Движение пожарной автоцистерны на шасси МАЗ-5337 с резервуаром объемом 5 м^3 в соответствии с режимом № 2

На рисунке 3 приведен график изменения ускорения, возникающего под действием инерционных нагрузок в резервуаре объемом 5 м^3 пожарной автоцистерны на шасси МАЗ-5337, которые были получены одним из датчиков после обработки данных измерительным комплексом Larson-Davis 2900.

В таблице 1 представлены максимальные значения ускорения, $\text{м}/\text{с}^2$, возникающего под действием инерционных нагрузок в резервуарах объемом 5 , 8 и 10 м^3 при исследуемых режимах движения пожарных автоцистерн на шасси МАЗ-5337 и МАЗ-6317 после обработки экспериментальных данных.

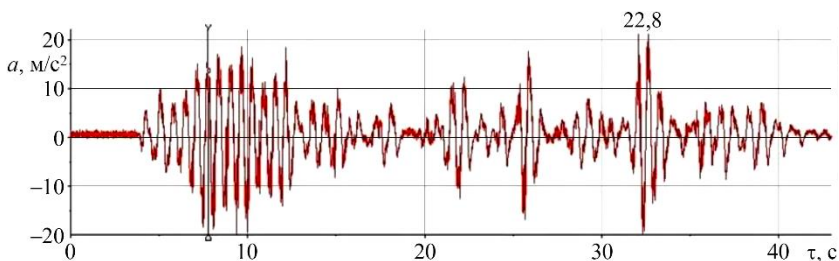


Рисунок 3 – Изменение ускорения точки резервуара пожарного автомобиля при движении по грунтовой дороге категории VI-б с допустимой скоростью 20–30 км/ч (режим движения № 2)

Таблица 1 – Максимальные значения ускорения a_{\max} , м/с², зафиксированные в точках резервуаров автоцистерн

Режим движения	Объем резервуаров и модель шасси пожарных автоцистерн		
	5 м ³ на шасси МАЗ-5337	8 м ³ на шасси МАЗ-6317	10 м ³ на шасси МАЗ-6317
Режим № 1	7,4 ± 0,7	9,2 ± 0,8	10,8 ± 0,9
Режим № 2	22,3 ± 1,7	24,6 ± 1,8	25,2 ± 1,9
Режим № 3	17,9 ± 1,4	18,1 ± 1,5	19,4 ± 1,5
Режим № 4	15,8 ± 1,2	22,7 ± 1,7	22,9 ± 1,8

Полученные результаты свидетельствуют о том, что значения ускорений, возникающих в точках резервуаров под действием инерционных нагрузок, в значительной мере определяются режимами движения пожарных автомобилей. Максимальные значения ускорения зафиксированы в случае движения пожарных автомобилей по грунтовой дороге категории VI-б с допустимой скоростью 20–30 км/ч (режим № 2), которые составили для резервуаров объемом 5 м³ пожарных автоцистерн на шасси МАЗ-5337 22,3 м/с², а для резервуаров объемом 8 и 10 м³ пожарных автоцистерн на шасси МАЗ-6317 – 24,6 и 25,2 м/с² соответственно.

Заключение. С использованием измерительного комплекса Larson-Davis 2900 и пьезоэлектрических акселерометров 352С18 проведены экспериментальные исследования для оценки общего уровня ускорений, возникающих в конструкциях цистерн при различных режимах движения пожарных автомобилей. В результате испытаний и обработки полученных данных установлено влияние режимов движения пожарных автоцистерн на шасси МАЗ-5337 и МАЗ-6317 на значения ускорений, которые возникают под действием инерционных нагрузок в конструкциях их резервуаров объемом 5, 8 и 10 м³ для транспортировки воды. Показано, что режимы и условия эксплуатации пожарных автоцистерн определяют высокую нагруженность элементов их конструкций. Полученные результаты могут быть использованы для дальнейших прочностных расчетов с использованием программных продуктов конечно-элементного моделирования.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- 1 **Высоцкий, М. С.** Динамика автомобильных и железнодорожных цистерн / М. С. Высоцкий, Ю. М. Плескачевский, А. О. Шимановский. – Минск : Белавтотракторостроение, 2006. – 320 с.
- 2 **Shimanovsky, A. O.** Recent research of dynamics and strength of tank vehicles / A. O. Shimanovsky // Механика машин, механизмов и материалов. – 2016. – № 3 (36). – С. 59–70.
- 3 Study of tank containers for foodstuffs / A. Liguori [et al.] // Machines. – 2021. – Vol. 9, is. 2. – Article 44. – 21 p.
- 4 **Орлов, Д. В.** Диагностика вибраций узлов транспортных средств методом вейвлет анализа границ сфокусированного оптического изображения / Д. В. Орлов, В. Е. Махов, И. Ф. Кацан // Инженерный вестник Дона. – 2014. – № 3. – С. 1–14.
- 5 **Hajdu, F.** Examination of chaotic vibrations during operation of a fire truck / F. Hajdu, R. Kuti // Proceedings of MAC 2018 in Prague. – Prague : MAC Prague consulting spol., 2018. – P. 163–170.
- 6 ГОСТ ИСО 8042-2002. Вибрация и удар. Датчики инерционного типа для измерений вибрации и удара. Устанавливаемые характеристики = Shock and vibration measurements – Characteristics to be specified for seismic pick-ups. – Введ. РБ 01.04.08. – М. : Межгос. совет по стандартизации, метрологии и сертификации, 2002. – 8 с.
- 7 **Костюков, В. Н.** Основы виброакустической диагностики и мониторинга машин : учеб. пособие / В. Н. Костюков, А. П. Науменко. – Омск : Изд-во ОмГТУ, 2011. – 360 с.
- 8 **Янчич, В. В.** Пьезоэлектрические датчики вибрационного и ударного ускорения : учеб. пособие / В. В. Янчич. – Ростов н/Д : Издательство ЮФУ, 2008. – 77 с.
- 9 Вибропреобразователи компании GLOBALTEST [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <http://globaltest.ru/ru/katalog/datchiki/vibropreobrazovateli/uskoreniya/>. – Дата доступа : 17.11.2019.
- 10 **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.

S. G. KOROTKEVICH¹, V. A. KOVTUN¹, V. A. LODNYA²

¹University of Civil Protection of the Ministry of Emergency Situations of the Republic of Belarus, Minsk, Belarus

²Belarusian State University of Transport, Gomel, Belarus

OPERATIONAL LOADING OF FIRE TANKERS WATER RESERVOIR

An analysis of the influence of modes and operating conditions of fire tankers on the MAZ-5337 and MAZ-6317 chassis on the level of inertial loads acting the tanks is carried out. The ranges of accelerations that occur in the reservoirs of water tanks with a volume of 5, 8 and 10 m³ under various driving modes are established. It is shown that maximal accelerations are observed when fire trucks move along a dirt road of category VI-b at a velocity of 20–30 km/h.

Keywords: fire tankers, water reservoir, motion mode, sensor, acceleration.

Получено 24.10.2023