

УДК 629.113

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ОПРЕДЕЛЕНИЕ НАГРУЖЕННОСТИ ОПОР КУЗОВА АВТОБУСА РАМНОЙ КОНСТРУКЦИИ

А. М. Грошев, к. т. н., доц., директор ИТС / А. С. Вашурин, к. т. н., ведущий инж. / Ю. П. Трусов, ведущий инж. / А. С. Волков, инж.

Нижегородский государственный технический университет им. Р. Е. Алексеева

В крупных городах остро стоит проблема развития городских пассажирских перевозок. В работе [1] анализируются изменения объёмов рынка, рассмотрены требования, предъявляемые к конструкции автобусов в соответствии с техническим регламентом «О безопасности колёсных транспортных средств», также в работе поднята проблема необходимости обновления парка автобусов. При небольших пассажиропотоках и в условиях плотного городского потока на узких улицах необходимы компактные автобусы. Такие автобусы, как правило, создаются на базе лёгких коммерческих автомобилей (ЛКА). Лёгкие коммерческие автомобили (рис. 1) часто имеют рамную конструкцию. При этом кузов крепится к раме через опоры, состоящие из резиновых подушек и болтовых соединений (рис. 2). Автобусы на шасси ЛКА выпускаются относительно небольшими партиями, поэтому разработка оригинальных резинометаллических опор не всегда оправдана. Однако способ крепления кузова на раме шасси

имеет большое значение с точки зрения обеспечения пассивной безопасности, а также прочности и долговечности кузова автобуса. Воспринимаемые опоры нагрузки от кузова автобуса могут существенно отличаться от исходных, в этой связи практический интерес представляет исследование режимов нагружения опор, используемых в базовых модификациях ЛКА и устанавливаемых на автобусах, созданных на их базе.

Объектом исследования настоящей работы стал городской автобус малого класса на базе шасси «ГАЗель Next». Работа выполнена при финансовой поддержке Министерства образования и науки РФ в рамках проекта по договору № 02.25.31.0006 от 12 февраля 2013 года (Постановление Правительства Российской Федерации от 9 апреля 2010 года № 218).

С целью определения характера динамических воздействий на кузов автобуса были проведены исследования нагруженности опор крепления ку-



Рисунок 1. Объекты испытаний: а) базовый легкий коммерческий автомобиль ГАЗель Next; б) автобус на базе шасси легкого коммерческого автомобиля



Рисунок 2. Опора кузова

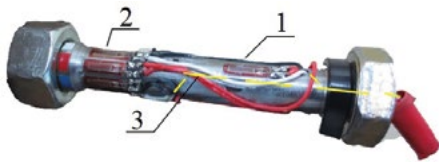


Рисунок 3. Болт с наклеенными тензодатчиками: 1 — одна пара тензодатчиков для измерения осевых усилий; 2 — четыре пары датчиков для измерения изгибающих моментов; 3 — соединительные провода

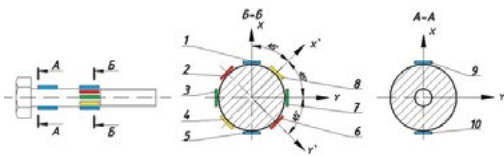


Рисунок 4. Схема расположения тензодатчиков

зова на раме в условиях полигонных испытаний. Для сравнения аналогичные испытания проведены на базовом автомобиле с однорядной кабиной. Для натурального определения нагрузочных режимов осуществлялось измерение усилий, действующих на болты крепления кузова. Для оценки величины изменения нагрузки в порах кузова при движении автомобиля на все болты опор были наклеены тензодатчики, как показано на рис. 3. Полученная информация использовалась как для оценки возможности применения стандартных опор кабины базового шасси в конструкции автобуса, так и для дальнейших расчётных работ по исследованию прочности, безопасности и долговечности автобусов [2]. Известно, что в настоящее время всё большее внимание на этапах проектирования и доводки конструкции уделяется виртуальным испытаниям транспортных



Рисунок 5. Фрагмент тарировки тензометрического болта

средств, поэтому достоверная информация об истории нагружения узлов и деталей автомобиля является необходимым условием адекватного моделирования работоспособности элементов конструкции при движении в различных условиях эксплуатации.

Схема наклейки тензодатчиков показана на рис. 4. Она включает пять пар тензодатчиков. Одна пара датчиков 9 и 10 (сечение А-А) измеряет усилие растяжения/сжатия, а четыре нижних пары датчиков 1... 8 (сечение Б-Б) — изгибающие усилия. Для измерения изгибающих усилий, действующих на болт в разных плоскостях, все четыре пары были наклеены с угловым шагом, равным 45°.

Датчики в паре наклеены по отношению друг к другу с угловым шагом 180°. Для надёжности монтажа и размещения проводов в болтах вдоль осей были просверлены каналы. С целью исключения возможности механического повреждения датчиков при установке в опорах они покрывались специальным резиноэпоксидным составом.

Подготовленные таким образом тензометрические болты были тарированы на специальном поверенном оборудовании ЦКП «Транспортные системы» НГТУ им. Р. Е. Алексеева. На рис. 5 показан фрагмент тарировки измерительного болта.

При установке на транспортное средство все болты затягивались с моментом, предписанным технической документацией предприятия-изготовителя. При монтаже также фиксировались регистрируемые растягивающие усилия. Они сравнивались с теоретическим значением, рассчитываемым по формуле [3]

$$M_3 = (0,02 + 1,2f) \cdot F \cdot d,$$

где M_3 — момент затяжки; f — коэффициент трения ($f = 0,12 \div 0,18$); F — растягивающее усилие; d — диаметр болта.

В зависимости от коэффициента трения теоретическое растягивающее усилие в теле болта находится в диапазоне 18–22 кН. В этом же диапазоне находились и экспериментальные значения.

После этого все места соединений и провода герметизировались, как показано на рис. 6. Далее оценивалось изменение растягивающего усилия в статических режимах «вывешивание колеса» и «поддомкрачивание колеса» (рис. 7).

После выполнения статических испытаний были проведены дорожные испытания на автополигоне



Рисунок 6. Герметизация соединительных проводов



Рисунок 7. Фрагмент статического нагружения «вывешивание колеса»

ООО «ОИЦ» «Берёзовая пойма». Для сравнительной оценки испытания проводились на двух автомобилях — базовом лёгком коммерческом автомобиле «ГАЗель Next» А21R22 с однорядной кабиной и бортовой платформой и опытном образце автобуса А63R42, выполненного на его шасси. Испытания проводились при движении в следующих условиях:

- бульжник ровного замощения ($V = 50$ км/ч);
- бульжник профилированный ($V = 30$ км/ч) (рис. 8);
- вход в поворот по ГОСТ 31507–2012 (рис. 9);
- переставка (смена полосы движения) по ГОСТ 31507–2012 (рис. 10);
- экстренное торможение.

В результате испытаний были получены истории изменения нагрузки во времени для каждого болта во всех режимах. Было установлено, что характер изменения нагрузок, действующих на болт, в конструкции базового шасси и автобуса существенно отличается. Сопоставление данных, полученных при испытании базового автомобиля и автобуса в одинаковых режимах нагружения, представлено графиками на рис. 11, где показаны растягивающие усилия, возникающие в наиболее нагруженных болтах. Для автобуса это болты опор, расположенных в заднем свесе, а для базового автомобиля — болты задних опор кабины. Необходимо отметить, что на графиках за нулевое значение принято усилие затяжки соответствующих болтов.

В опоре кабины грузового автомобиля наибольшее изменение нагрузки отмечено при движении по профилированному бульжнику, при этом в условиях «вход в поворот», «переставка» и «экстренное торможение» амплитуда изменения нагрузок значительно меньше. У автобуса наибольшая амплитуда изменения растягивающих усилий наблюдается при выполнении манёвра «переставка», однако она



Рисунок 8. Испытание автобуса на базе лёгкого коммерческого автомобиля на профилированном бульжнике



Рисунок 9. Испытание «вход в поворот»

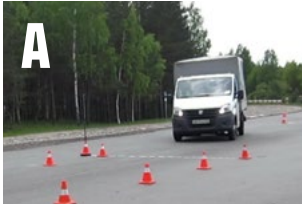


Рисунок 10. Выполнение переставки (смена полосы движения): а) автомобиль «ГАЗель Next»; б) автобус на базе шасси «ГАЗель Next»

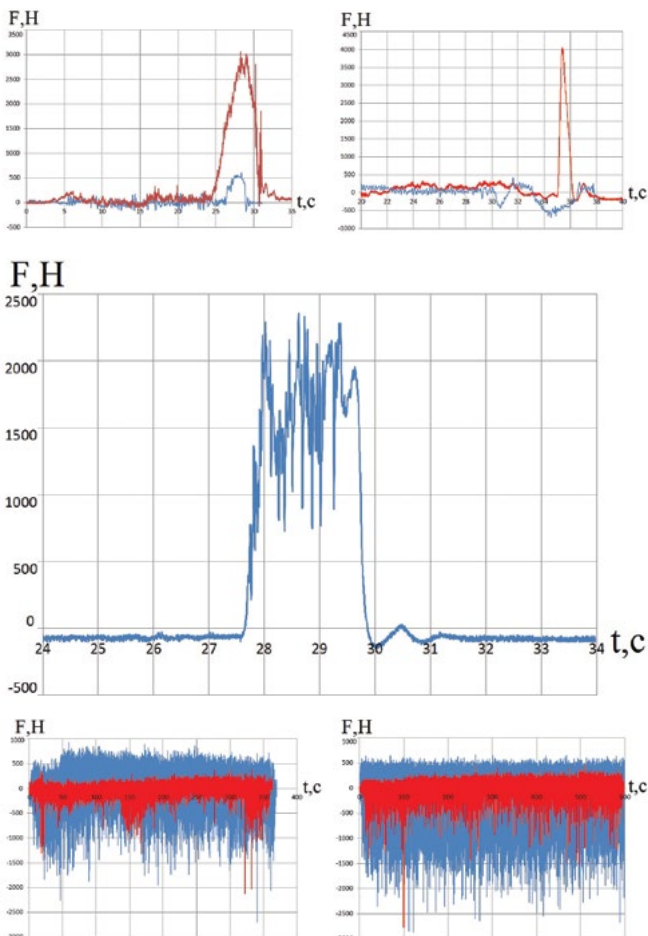


Рисунок 11. Диаграммы изменения растягивающего усилия в болтах при выполнении испытаний: а) вход в поворот; б) переставка в) экстренное торможение; г) движение по булыжнику ровного замощения; д) движение по профилированному булыжнику (синим цветом показаны результаты, полученные на болтах опор базового ЛКА, красным цветом — на болтах опор автобуса)

очень кратковременна. Сравнимые значения наблюдаются также при выполнении манёвра «вход в поворот», когда величина изменения нагрузки превышает значение, полученное при статическом режиме вывешивания колеса, в семь-восемь раз. При движении по булыжнику ровного замощения амплитуда меньше в восемь-десять раз и сопоставима со значениями, полученными при статических испытаниях. В режиме «экстренное торможение» изменения растягивающего усилия в опоре на базовом грузовом автомобиле и у автобуса в общем сопоставимы. При испытании на профилированном булыжнике амплитуда колебания растягивающих усилий выше в два-три раза, чем на булыжнике ровного замощения. Наблюдаемые на графике 11г зоны увеличения амплитуды связаны поворотами на испытательной трассе. Из графиков 11г и 11д видно, что при движении по булыжнику различного замощения изменения нагрузки в опоре кабины базового шасси в два-три раза превышают аналогичные значения в опоре кузова автобуса. Это может быть вызвано разницей между массой кузова автобуса с расположенным внутри него балластом и массой однорядной кабины с водителем, оператором и оборудованием (основная масса балласта расположена в грузовой платформе). Однако при выполнении экстремальных манёвров в опорах базового автомобиля отсутствуют резкие скачки нагрузки, которые, в свою очередь, были отмечены у автобуса.

Полученные результаты показывают, что условия работы опор базового ЛКА и этих же опор, установленных на автобусе на базе его шасси, существенно отличаются, поэтому для оценки возможности применения стандартных опор необходимо проводить дополнительные расчётно-экспериментальные исследования. Следует отметить, что по результатам проведённых испытаний, несмотря на некоторое увеличение нагрузки в отдельных режимах движения, условие прочности болтового соединения в опорах автобуса выполняется.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ:

1. Гируцкий О. И., Нагайцев М. В. Проблемы развития транспорта для общественных перевозок // Труды НАМИ. — 2012. — № 251. — С. 5–25.
2. Огороднов С. М., Зезюлин Д. В., Макаров В. С., Тумасов А. В. Обоснование методов решения задачи оценки усталостной долговечности деталей и узлов подвески автомобилей // Современные проблемы науки и образования. — 2013. — № 4 [Электронный ресурс]. URL: <http://www.science-education.ru/110-9695> (дата обращения: 04.04.2015).
3. Биргер И. А., Иосилевич Г. Б. Резьбовые и фланцевые соединения. — М.: Машиностроение, 1990. — 368 с.