

РАСЧЁТНЫЙ АНАЛИЗ ПРОЧНОСТИ И ДЕФОРМИРУЕМОСТИ КУЗОВА АВТОБУСА

Орлов Л.Н., Тумасов А.В., Багичев С.А., Феоктистов Н.Ф.

ФГБОУ ВПО «Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева», Нижний Новгород, Россия (603950, ГСП-41, Н. Новгород, ул. Минина, д. 24), e-mail: sergey.bagichev@gmail.com

Выбор рациональных силовых схем, обеспечение равнопрочности и безопасности кузовных конструкций являются актуальными задачами при проектировании. Для этого в настоящее время широко используются расчетные методы. В статье приведено описание выбранных конечно-элементных (стержневой и подробной) моделей кузова автобуса. Проведен анализ вариантов соединения передней части кузова автобуса с рамой. Приведены значения деформируемости отдельных участков и проемов кузова автобуса. Выполненная работа позволила определить наиболее рациональный с точки зрения прочности и деформируемости вариант соединения кузова с рамой.

Ключевые слова: конечно-элементная модель кузова, расчет, кручение, прочность и деформируемость.

DURABILITY AND DEFORMABILITY CALCULATIVE ANALYSIS OF BUS BODY STRUCTURE

Orlov L.N., Tumasov A.V., Bagichev S.A., Feoktistov N.F.

Nizhny Novgorod State Technical University n.a. R.E. Alekseyev, Nizhny Novgorod, Russia (603950, Nizhny Novgorod, street Minina, 24), e-mail: sergey.bagichev@gmail.com

Optimal power circuits choice, equal strength and bus structures safety providing are important tasks in the design process. Nowadays computational methods are widely used for these tasks. The paper gives the description of the bus body finite element models (simplified and detailed) which have been chosen. The analysis of the variants of the connection between the front part and the bus frame was performed. The deformability values of individual body sections and apertures are shown. Fulfilled work allowed us to determine the most rational variant of connection between the body and the frame in terms of strength and strain.

Key words: body structure finite-element model, calculation, torsion, durability and deformability.

Разработка рациональной по условиям прочности, жёсткости, металлоёмкости и безопасности конструкции кузова в настоящее время уже не может осуществляться без применения расчётных методов и конечно-элементных моделей [1-5]. В работе рассматриваются результаты анализа прочности каркасной конструкции кузова автобуса с панелями из композитного материала, выполненного в ходе его проектирования. Расчетные исследования выполнены при финансовой поддержке Министерства образования и науки РФ в рамках выполнения проекта по договору № 02.G25.31.0006 от 12.02.2013 г. (постановление Правительства Российской Федерации от 9 апреля 2010 года № 218).

Прочность исследуемой конструкции оценивалась в условиях действия изгибающих и скручивающих нагрузок. Целью работы являлось исключение относительно слабых мест и обеспечение равнопрочности конструкции кузова при заданной массе автобуса. Для этого были разработаны стержневая и подробная конечно-элементные модели кузова исходного варианта. Соединения отдельных панелей в местах сварки представлены жёсткими элементами. Реальные болтовые крепления кузова с рамой в модели представлены пучками элементов, работающих на растяжение-сжатие. Подробная модель содержит более 1 200 000

элементов. При задании скручивающих нагрузок рассмотрены режимы «чистого» кручения модели и вывешивания одного из колёс.

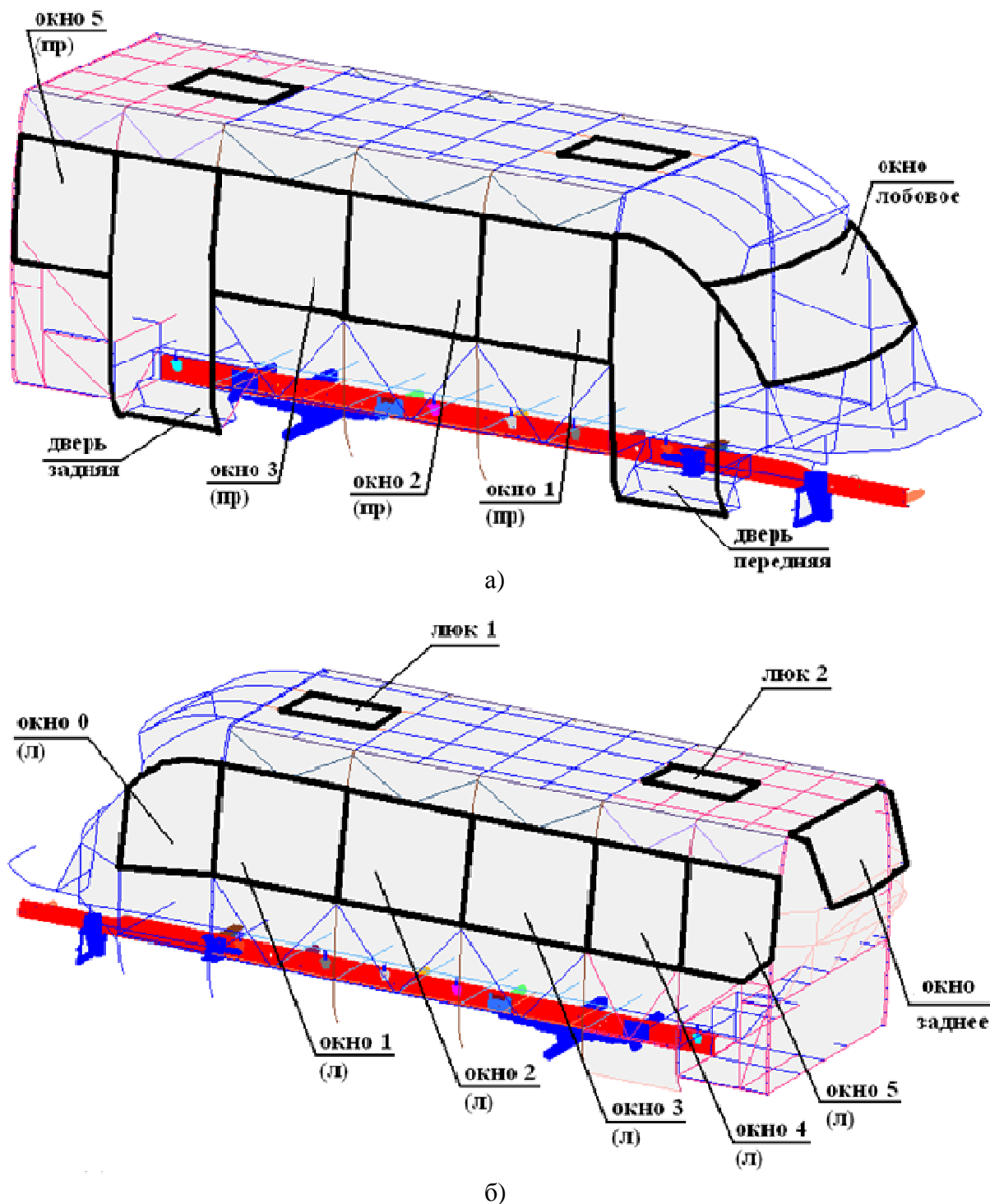


Рис. 1. Схемы обозначения проёмов правой (а) и левой (б) боковин кузова

Установлено, что наиболее напряжённым является режим вывешивания правого переднего и левого заднего колёс. Для них и рассматривалось влияние вносимых конструктивных изменений на прочность и жёсткость кузова. На начальных этапах проектирования кузова было выявлено, что он имеет неравномерное распределение напряжений по силовым элементам

каркаса. Поэтому были выполнены исследования по оценке влияния отдельных решений конструкции на характер распределения максимальных напряжений в элементах и на изменение диагональных размеров дверей, окон и люков кузова. Их обозначения показаны на рис. 1.

В ходе исследований установлено, что существенное влияние на распределение напряжений и деформируемость каркаса кузова оказывает способ соединения его передней части с основанием. Поэтому рассмотрены варианты с боковыми шарнирными связями, с центральной связью и без них, показанные на рис. 2.

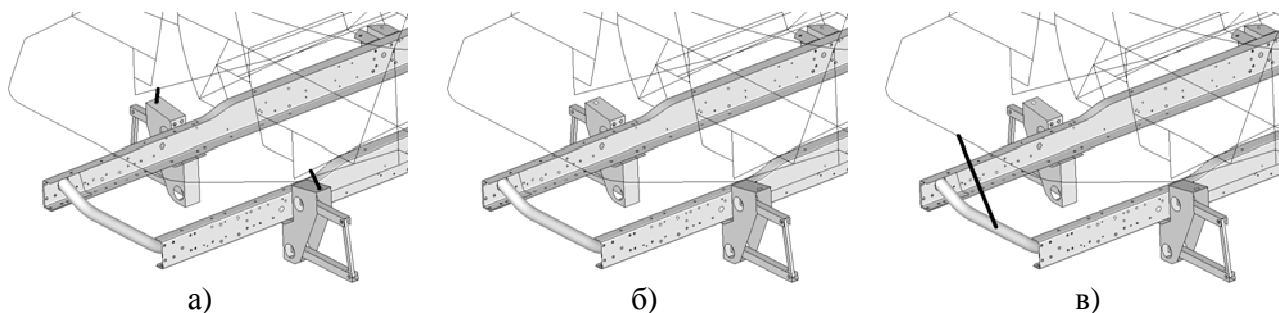


Рис. 2. Варианты представления моделей кузова при различных способах соединения передней части кузова и рамы автобуса: а) с боковой связью, б) без связей, в) с центральной

В табл. 1 приведены для сравнения соответствующие значения деформации проёмов каркаса кузова при разных вариантах нагружения для комбинированной модели, состоящей из стержневых элементов каркаса кузова и пластинчатых элементов обшивки. Такая модель даёт возможность оперативно, при небольших затратах машинного времени, решать задачи влияния конструктивных изменений на прочность и безопасность кузова. Существенное (до 30%) снижение напряжений в элементах проёма лобового окна и его деформируемости происходит при введении в модель панелей передней части (под подоконным поясом). Эти панели, так же как панели крыши и задней части кузова, играют важную роль при восприятии аварийных ударных нагрузок, возникающих в условиях опрокидывания автобуса, по требованиям Правил ЕЭК ООН № 66.

Из таблицы видно, что наиболее нагруженным вариантом является вывешивание заднего левого колеса. Такое воздействие нагрузки рассмотрено чисто теоретически, так как в реальных условиях эксплуатации оно маловероятно из-за сравнительно большей нагрузки (более чем в 2 раза) на заднюю ось. Относительно небольшие изменения диагональных размеров наблюдаются у проёмов окна со стороны водителя (окно 0), лобового окна, передней пассажирской двери.

Таблица 1

Изменение диагональных размеров проемов кузова, 10^{-3} м

Проем кузова	Вариант нагружения модели							
	Вывешивание правого переднего колеса				«Чистое» кручение		Вывешивание заднего левого колеса	
	с боковой связью		с центральной связью		без связей		с боковой связью	
Лобовое окно	7,7	-7,8	5,1	-5,1	5,1	-5,1	17,6	-17,8
Заднее окно	2,9	-2,8	3,5	-3,4	3,6	-3,6	7,4	-7,3
Дверь передняя	5,1	-7,5	1,6	-2,4	1,6	-2,4	11,2	-16,5
Дверь задняя	0,9	-0,9	0,9	-0,9	1,0	-0,9	2,3	-2,1
Окно 0 (л)	9,8	-5,6	3,8	-2,3	3,9	-2,4	22,5	-13
Окно 1 (пр)	4,8	-4,7	5,9	-5,7	6,0	-5,9	12,0	-11,8
Окно 1 (л)	2,9	-2,9	3,7	-3,8	3,8	-3,8	7,0	-7,0
Окно 2 (пр)	4,4	-4,4	5,5	-5,4	5,7	-5,6	11,2	-11,1
Окно 2 (л)	2,5	-2,6	3,4	-3,5	3,5	-3,6	6,2	-6,3
Окно 3 (пр)	3,8	-3,9	4,8	-4,9	4,9	-5,0	9,9	-10,1
Окно 3 (л)	2,0	-2,0	2,8	-2,8	2,8	-2,9	5,1	-5,2
Окно 4 (л)	1,8	-1,8	2,4	-2,4	2,5	-2,5	4,5	-4,5
Окно 5 (пр)	0,5	-0,7	0,5	-0,5	0,5	-0,5	1,0	-1,2
Окно 5 (л)	1,4	-1,5	1,9	-2,0	1,9	-2,0	3,5	-3,6
Люк 1	3,7	-3,7	3,4	-3,4	3,5	-3,5	8,9	-8,9
Люк 2	2,9	-2,9	3,3	-3,3	3,4	-3,4	-7,3	7,3

Установлено, что в случае отсутствия жёстких связей передней части кузова с лонжеронами основания она существенно разгружается при кручении кузова. При этом снижаются значения максимальных напряжений и уменьшается деформируемость проёмов лобового окна (в 1,5 раза), передней двери (в 3,1 раза), окна 0 (в 2,5 раза). Почти такой же эффект наблюдается при наличии центральной связи передней части с основанием кузова. Следует отметить, что режим «чистого» кручения модели воспроизводился при её установке в передней части на центральную шарнирную опору. По воздействию на модель он аналогичен вывешиванию переднего колеса, когда под одним из колёс устанавливается шарнирная опора, а к противоположному колесу прикладывается сосредоточенная сила, равная половине нагрузки, приходящейся на переднюю ось автобуса полной массы.

Проведённые в процессе проектирования расчётные исследования прочности и пассивной безопасности кузова позволили на начальном этапе выбрать безопасную силовую схему конструкции, оценить прочность и жёсткость каркаса кузова исходного варианта, внести в него соответствующие конструктивные изменения, далее по результатам компьютерно-

го моделирования оценить безопасность кузова и разработать практические рекомендации, обеспечивающие тридцатипроцентный её запас.

Выполненная работа имеет важное практическое значение. Приведённая информация может быть полезна для специалистов, занимающихся проектированием кузовов автобусов, исследованием, оценкой их прочности и безопасности. Рассмотренные подходы могут быть использованы при исследовании прочности разных классов автобусов, в том числе микроавтобусов, выполненных на базе шасси легких коммерческих автомобилей.

Список литературы

1. Ким И.В., Зузов В.Н. Оценка прочности силовой структуры кузовов автобусов методами математического моделирования (часть 2) // Журнал ААИ. – 2008. – № 6. – С. 40-41.
2. Орлов Л.Н. Пассивная безопасность и прочность кузовов, кабин автотранспортных средств. Методы расчёта и оценки : учеб. пособие / НГТУ. - Н. Новгород, 2005. – 127 с.
3. Орлов Л.Н. Расчетно-экспериментальная оценка прочности и пассивной безопасности кузова автобуса с трехслойными панелями / Л.Н. Орлов, А.В. Тумасов, А.С. Вашурин и др. // Журнал ААИ – 2011. - № 1. – С. 20–22.
4. Орлов Л.Н. Основы разработки конечно-элементных моделей кузовных конструкций автотранспортных средств. Расчёты на безопасность и прочность : уч. пособие / Л.Н. Орлов, А.В. Тумасов, Е.В. Кочанов и др. ; НГТУ. - Н. Новгород, 2009. – 153 с.
5. Тумасов А.В. Оценка несущей способности каркаса кузова автобуса по результатам компьютерного моделирования / А.В. Тумасов, Л.Н. Орлов, П.С. Рогов и др. // Труды Нижегородского государственного технического университета им. Р.Е. Алексеева. - 2012. - № 3 (96). – С. 150–156.

Рецензенты:

Аникин Алексей Александрович, д.т.н., генеральный директор ООО «Завод вездеходных машин», г. Нижний Новгород.

Вахидов Умар Шахидович, д.т.н., доцент, и/о зав. кафедрой «Строительные и дорожные машины» НГТУ им. Р.Е. Алексеева, г. Нижний Новгород.