

УДК 621.113

Л.Н. Орлов, А.В. Герасин, А.В. Тумасов, Ю.П. Трусов

**ИСПЫТАНИЯ НА ПРОЧНОСТЬ И КОМПЬЮТЕРНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ
ЛОКАЛЬНЫХ УЧАСТКОВ КУЗОВНЫХ КОНСТРУКЦИЙ**

Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева

Исследование напряженно-деформированного состояния локальных участков (узлов) кузовов и кабин автотранспортных средств имеет важное значение при выполнении расчетно-экспериментальных оценок прочности и пассивной безопасности полноразмерных конструкций. Исследования проведены на примере консоли основания кузова автобуса в условиях нагружения составляющими усилиями, действующими на консоль при эксплуатации автобуса. Выполнено сравнение результатов компьютерного моделирования и экспериментов, которое показывает их удовлетворительную сходимость. Это подтверждает правомерность применяемых принципов формирования подробных конечно-элементных моделей и дает возможность обоснования достоверности результатов расчетов.

Ключевые слова: напряженно-деформированное состояние, силовые элементы, прочность, конечно-элементная модель.

Анализ работоспособности отдельных силовых элементов на основе результатов расчетов, специальных испытаний и их сравнительной оценки позволяет обоснованно выбирать расчётные конечно-элементные модели конструкций [1]. Подробное изучение напряженно-деформированного состояния локальных мест не обязательно проводить в составе всей кузовной конструкции. Достаточно «вырезать» интересующее место из конструкции или расчётной модели и рассматривать его отдельно. При этом необходимо воспроизвести связи с отсутствующими сопряжёнными элементами и выбрать соответствующие условия нагружения. Последние можно определить по результатам расчёта всей конструкции. Рассмотрим этот процесс на примере исследования напряженно-деформированного состояния консоли основания кузова автобуса. Консоль является одним из характерных силовых элементов, воспринимающих как эксплуатационные, так и аварийные нагрузки. Поэтому исследование её прочности и деформируемости представляет определённый практический интерес.

В данной работе испытания консоли основания кузова автобуса ПАЗ-3205 проведены с целью подтверждения результатов выполненного расчётного анализа её прочности, обоснования правомерности выбора конечно-элементных моделей, применяемой методики локального анализа прочности узлов кузовных конструкций, «вырезаемых» из полной модели [2]. Испытания консоли осуществлены на специальном стенде (рис. 1). Его система нагружения, состоящая из винтовых нагружателей, тензометрических динамометров (струбцин) ИИ-ТН5, тросов и блоков, позволяет воспроизводить любую нагрузку на консоль, действующую со стороны примыкающих к ней элементов кузова. На рис. 2 показаны фрагменты испытания на стенде консоли при действии на неё нагрузок со стороны прилегающей стойки боковины в поперечном и вертикальном по отношению к консоли направлениях. Эти нагрузки имитируют составляющие усилий, действующих на консоль в условиях кручения всего кузова автобуса. Нагружение осуществлялось через стойку боковины. К ней ступенчато прикладывалась одна из сосредоточенных сил F_1 , F_2 , F_3 или F_4 . Напряжения в консоли измерялись с помощью тензодатчиков FLA-5-11 и тензостанции FLA-150. Для замеров перемещений (деформаций) отдельных участков консоли использовались лазерные триангуляционные датчики LS5-100/200. Полученный массив данных обрабатывался на компьютере.

Для расчётов консоли на прочность разработана её подробная конечно-элементная модель, имеющая внешние граничные условия (опоры) и нагрузку, аналогичные тем, что и при испытаниях. Разработанная модель консоли с прилегающими к ней участками

лонжерона, стойки боковины и кронштейна рессоры состоит из 56826 оболочечных элементов типа QUAD4 и 25650 объёмных элементов типа TET4. Сварные соединения отдельных деталей консоли в модели представлены 1283 жёсткими элементами типа RBE2. Расчёты консоли выполнены в программном комплексе MSC Nastran лицензионного пакета University MD FEA Bundle. На рис. 3 приведена картина напряжённо-деформированного состояния модели консоли по результатам конечно-элементного расчёта. Подобные картины получены для каждого вида нагружения. Наибольшие напряжения при кручении консоли наблюдаются в местах установки датчиков, показанных на рис. 4. На этом рисунке также показаны направления действия рассматриваемых сил.



Рис. 1. Стенд для испытания локальных участков кузовных конструкций. Фрагмент нагружения силой F_1

В таблице приведены для сравнения измеренные и расчётные значения относительных деформаций в характерных местах наклейки тензодатчиков (рис. 4).

Расчётные значения приведены для исходной конечно-элементной модели, в которой все составляющие детали консоли в местах сварки соединены жёсткими элементами типа Rigid. В строках эксперимента приведены значения доверительного интервала по результатам пяти испытаний каждой силой. Из таблицы видно, что по указанным датчикам в целом наблюдается удовлетворительная сходимость результатов расчётов и экспериментов. Аналогичная сходимость результатов отмечена и для датчиков 1, 2, 3, 10 и 11. В таблице их значения не приведены, поскольку они соответствуют только какому-то одному из видов нагружения. Следует также отметить, что наибольшие расхождения результатов (экспериментальные меньше расчётных) наблюдаются в местах датчиков 4, 8 и 9, расположенных около сварных швов при нагрузках F_2 , F_3 , F_4 .

Поэтому при разработке расчетных моделей особое внимание следует уделять способу представления сварных швов и точек, а также размерности конечных элементов (шагу сетки) на прилегающих участках соответствующих панелей [3, 4, 5, 6].

В заключение следует сказать, что проведение расчётно-экспериментальных исследований напряжённо-деформированного состояния локальных участков является неотъемлемой частью работ при компьютерном моделировании работоспособности кузовных конструкций автотранспортных средств в условиях действия эксплуатационных и аварийных нагрузок. 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).



а)



б)



в)

Рис. 2. Фрагменты испытания консоли при нагружении силой: а – F3; б – F4; в – F2

Таблица

Значения относительных деформаций

Сила, кН		Датчик						
		4	5	6	7	8	9	12
$F_1=2,5$	Эксперимент	98	36	109	105	76	18	135
	1	2	3	4	5	6	7	8
	Эксперимент	94	39	104	99	73	17	140
	Расчет	125	47	120	99	97	16	126
$F_2=5,1$	Эксперимент	181	13	259	73	38	58	198
	Расчет	175	12	243	85	46	56	213
$F_3=0,6$	Эксперимент	268	18	280	61	166	58	195
	Расчет	327	68	20	585	261	9	92
$F_4=1,4$	Эксперимент	331	69	21	599	271	10	90
	Расчет	430	84	23	604	368	13	88
$F_4=1,4$	Эксперимент	29	70	341	904	330	7	129
	Расчет	36	74	360	966	354	8	136
$F_4=1,4$	Эксперимент	96	94	276	908	425	1	119
	Расчет							

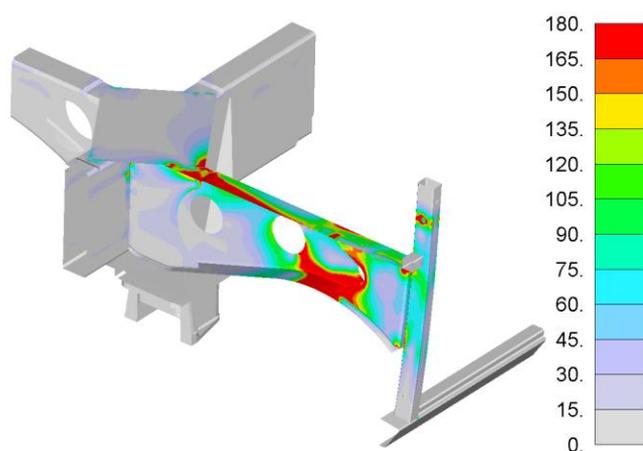


Рис. 3. Напряжённо-деформированное состояние консоли

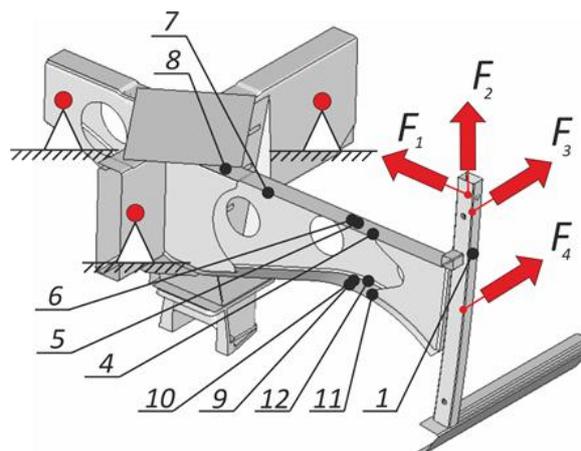


Рис. 4. Схема расположения тензодатчиков и приложения нагрузки

Библиографический список

1. Орлов, Л.Н. Оценка пассивной безопасности, прочности кузовных конструкций автомобилей и автобусов: монография / Л.Н. Орлов; НГТУ. – Н. Новгород, 2005. – 230 с.
2. Герасин, А.В. Расчетно-экспериментальная оценка несущей способности консоли основания кузова автобуса / А.В. Герасин [и др.] // Проблемы транспортных и технологических комплексов // Сб. науч. статей III Междунар. науч.-техн. конф., посвящённой 40-летию кафедры «Строительные и дорожные машины». – Н. Новгород: НГТУ им. Р.Е. Алексеева, 2012. – С. 114–116.
3. Орлов, Л.Н. Оценка пассивной безопасности автобуса по результатам компьютерного моделирования / Л.Н. Орлов [и др.] // Современные проблемы науки и образования. Электронный журнал. 2013. №3; URL: <http://www.science-education.ru/109-9423>

4. **Зузов, В.Н.** Анализ влияния конструкции автобуса на пассивную безопасность при опрокидывании на основе метода конечных элементов / В.Н. Зузов, Ю.Ю. Карамышев, И.В. Ким // Вестник МГТУ им. Н.Э. Баумана. 2008. С. 145–149.
5. **Бассем, Ш.** Методика совершенствования кабин грузовых автомобилей на стадии проектирования для удовлетворения требованиям пассивной безопасности (при ударе спереди): дисс. ... к.т.н. – М., 2013.
6. **Орлов, Л.Н.** Расчетный анализ прочности деформируемости кузова автобуса / Л.Н. Орлов [и др.] // Современные проблемы науки и образования. Электронный журнал. 2013. № 4; URL: www.science-education.ru/110-9503.

*Дата поступления
в редакцию 14.10.2013.*

L.N. Orlov, A.V. Gerasin, A.V. Tumasov, Y.P. Trusov

TESTS FOR STRENGTH AND COMPUTER SIMULATION OF LOCAL AREAS OF CAR AND BUS BODY CONSTRUCTIONS

Nizhny Novgorod state technical university n.a. R.E. Alexeev

Purpose: The investigation of the stress-strain state of local areas of vehicle bodies and cabs for assessing the strength and safety of a full-size passive constructions.

Design/methodology/approach: The experiments were carried out withing stand conditions by loading the components with the force application on the console when using the bus. The calculations are made on the basis of FEM with the use of modern software systems.

Results: In the experiment and calculations, the values of stress and strain were obtained. the carried out comparison of the results of computer simulation and experiments shows their satisfactory agreement. This confirms the appropriateness of the formation principles of detailed finite element models.

Applications: Thus, these studies provide an opportunity of reliability justification of the calculation results.

Key words: the stress-strain state, power elements, strength, finite element model.