

УДК 621-01.001.2 (031)

ОЦЕНКА ПРОЧНОСТИ НЕСУЩИХ СИСТЕМ ЛЕГКИХ КОММЕРЧЕСКИХ АВТОМОБИЛЕЙ С ВНЕСЕННЫМИ В ИХ КОНСТРУКЦИЮ ИЗМЕНЕНИЯМИ

Шурыгин В.Ю., к.т.н. Тумасов А.В., д.т.н. Орлов Л.Н., Шаров Д.В.

НГТУ им. Р.Е. Алексеева

8 (905) 192-05-76, anton.tumasov@gmail.com

В работе приведены результаты расчетного исследования несущей системы легкого коммерческого автомобиля. В качестве объекта исследования выбран автомобиль ГАЗ 3302. Расчетные исследования выполнены с применением метода конечных элементов и современного программного пакетного комплекса MSC PATRAN/NASTRAN лицензионного пакета University MD FEA Bundle. Разработаны модели несущей системы с разными вариантами надстроек: еврофургон, бортовая платформа, эвакуатор. Рассмотрена возможность удлинения рамы автомобиля. Разработанная модель несущей системы включает в себя: раму, кабину, рессоры и надстройку. Режим нагружения моделей соответствует вывешиванию переднего правого колеса при полной массе автомобиля. Получены картины распределения деформаций и максимальных эквивалентных напряжений по критерию Мизеса; выполнен расчет жесткости на изгиб. Полученные результаты расчетов позволяют выполнить сравнительный анализ исходной и удлиненной конструкций с разными надстройками, оценить степень изменения жесткости и прочности системы. По результатам проведенных исследований можно сказать, что при удлинении рамы автомобиля в пределах 1100 мм происходит увеличение напряжений в среднем на 10% и уменьшение жесткости конструкции на 15%. При этом значения максимальных напряжений остаются в допустимых пределах. Поэтому рассматриваемая удлиненная конструкция рамы имеет достаточную прочность и жесткость с точки зрения восприятия возможных эксплуатационных нагрузок.

Ключевые слова: рама, прочность, напряжения, деформации, кручение

В статье представлены результаты расчетных исследований прочности рамы легкого коммерческого автомобиля с разными вариантами надстроек. Численные исследования выполнены с использованием программного комплекса MSC PATRAN/NASTRAN лицензионного пакета University MD FEA Bundle. Изучение прочности и деформируемости несущих систем легких коммерческих автомобилей при действии эксплуатационных нагрузок является одной из важных задач при внесении изменений в базовые конструкции моделей автомобилей. В настоящее время при изучении данного вопроса чаще всего применяются программы конечно-элементного анализа [1–4]. Важным является определение напряженно-деформированного состояния модифицированной конструкции и оценка соответствия вно-

симых изменений требованиям нормативных документов и условиям соблюдения прочности и жесткости.

Целью настоящего исследования является проведение экспертной расчетной оценки прочности и жесткости измененной (удлиненной) конструкции рамы легкого коммерческого автомобиля ГАЗ 3302 с разными вариантами надстроек. В ходе исследования разработаны расчетные модели рамы, кабины, бортовой платформы, еврофургона и платформы эвакуатора. Выполнен сравнительный анализ прочности и жесткости удлиненных конструкций в сравнении с базовой.

Исследования выполнены при финансовой поддержке Министерства образования и науки РФ в рамках проекта по договору № 02.G25.31.0006 от 12.02.2013 г. (постанов-

ление Правительства Российской Федерации от 9 апреля 2010 года №218).

Ранее на кафедре «Автомобили и тракторы» были проведены расчетно-экспериментальные исследования напряженно-деформированного состояния рамы базового автомобиля. Результаты этих исследований приведены в работах [5, 6, 7]. Относительно малое расхождение результатов расчетов и экспериментов дает возможность сделать вывод о корректном представлении процесса нагружения рамы при компьютерном моделировании. Следовательно, предложенный в указанных работах подход может быть использован для создания моделей рам транспортных средств. Данная работа является продолжением этих исследований. В ней проведено расчетное исследование возможности удлинения легкого коммерческого автомобиля ГАЗ 3302, а также возможность установки на удлиненный автомобиль различных надстроек. На рис. 1а показана разработанная модель базового автомобиля ГАЗель совместно с кабиной, грузовой платформой, рессорами и балками мостов. На рис. 1б представлена схема автомобиля с удлиненной рамой рамы.

На первом этапе экспертной оценки возможности удлинения автомобиля необходимо провести расчет изменения масс транспортного средства [8]. При внесении изменений в конструкцию автомобиля обязательным условием является не превышение нагрузок на оси автомобиля, указанных в Одобрении типа транспортного средства (ОТТС).

В первом приближении расчет изменения масс можно сделать по формулам:

$$\Delta M_{\text{лонж}} = 2 \cdot \rho \cdot A \cdot (2\Delta L + X_1 + \Delta K + X_2), \quad (1)$$

$$\Delta M_{\text{под}} = 2 \cdot \rho \cdot A \cdot (2\Delta K + \Delta L), \quad (2)$$

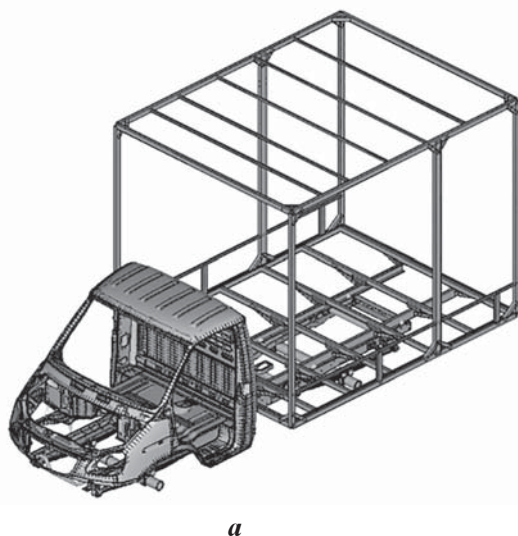
$$X = e + \Delta K - L_{\text{баз}} - (K + \Delta K), \quad (3)$$

$$a' = (X_a' \cdot (M_a + \Delta M_{\text{полн}}) + (e + 0.5L_{\text{кузов}}) \cdot M_{\text{гр}}) / M', \quad (4)$$

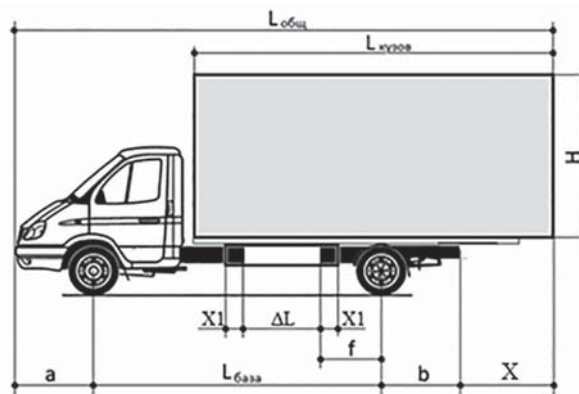
$$M_1' = M \cdot b' / L', \quad (5)$$

$$M_{\text{гр}}' = M - M_a - M_{\text{над}} - \Delta M_{\text{лонж}}, \quad (6)$$

где M – полная масса автомобиля, кг; M_1 – масса автомобиля, приходящаяся на переднюю ось, кг; M_2 – масса автомобиля, приходящаяся на заднюю ось, кг; L – исходная колесная база, мм; $M_{\text{гр}}$ – допустимая масса надстройки с грузом базового шасси, т; e – расстояние от передней оси до начала грузовой платформы, мм; k – расстояние от задней оси до заднего края рамы базового автомобиля, мм; M_a – масса снаряженного автомобиля, кг; $M_{1\text{сн}}$ – масса снаряженного автомобиля, приходящаяся на переднюю ось, кг; $M_{2\text{сн}}$ – масса снаряженного автомобиля, приходящаяся на заднюю ось, кг; a – расстояние



а



б

Рис. 1. Несущая система автомобиля:

а – конечно-элементная модель базового автомобиля; б – схема ее удлинения

между передней осью и центром масс базового автомобиля, мм; b – расстояние между задней осью и центром масс базового шасси, мм; xa' – расстояние между передней осью и центром масс базового автомобиля при снаряженной массе, мм; xb' – расстояние между задней осью и центром масс базового автомобиля при снаряженной массе, мм; $\Delta M_{\text{лонж}}$ – прирост массы лонжерона, кг; $\Delta M_{\text{под}}$ – прирост массы подрамника, кг; X – свес грузовой платформы по отношению к краю рамы, мм; a' – расстояние от передней оси до центра масс после удлинения, мм; M_1' – масса на передней оси после удлинения, кг; A – площадь поперечного сечения, мм; ρ – плотность стали, кг/мм³; $M'_{\text{гр}}$ – грузоподъемность измененного автомобиля; $M_{\text{над}}$ – масса устанавливаемой надстройки.

Для примера проведем расчет развесовки автомобиля ГАЗ 3302, удлиненного на 1100 мм, с надстройкой в виде платформы эвакуатора.

Разрешенная максимальная масса автомобиля составляет 3500 кг.

Масса шасси базового автомобиля ГАЗ 3302 составляет 1750 кг.

Масса эвакуаторной платформы с оборудованием составляет около 850 кг.

Масса удлинителей рамы составляет около 50 кг.

Возможная грузоподъемность определяется из выражения 6 и составляет 850 кг.

В соответствии с Одобрением типа транспортного средства (для примера, использованы данные документа № E-RU.MT02.B.00231.P6 со сроком действия 04.07.2014 – 31.12.2015) максимальная осевая масса (технически допустимая) на передней оси ГАЗ 3302 может составлять 1400 кг; на задней – 2500 кг. Развесовка пере-

оборудованного автомобиля при равномерном распределении массы перевозимого груза составляет 1400 / 2100 кг (40% / 60%). Таким образом, при данном удлинении происходит превышение допустимых осевых нагрузок.

На втором этапе следует рассмотреть напряженно-деформированное состояние несущей системы автомобиля. В ходе исследования было разработано несколько расчетных моделей и их удлиненных модификаций:

1) модель с базовой рамой, кабиной, рессорами, бортовой платформой;

2) модель с удлиненной рамой, кабиной рессорами, еврофургоном;

3) модель с удлиненной рамой, кабиной, рессорами, эвакуаторной платформой.

4) модель с удлиненной рамой, кабиной, рессорами, бортовой платформой.

Для каждой модели выбрана одна и та же схема нагружения и закрепления. Рама автомобиля удлиняется в пределах колесной базы на 1100 мм. В качестве режима нагружения выбраны: вывешивание переднего правого колеса и режим изгиба при полной нагрузке.

В результате расчета моделей были получены картины распределения перемещений и максимальных эквивалентных напряжений по критерию Мизеса. На рис. 2 показаны наиболее нагруженные зоны в модели рамы ГАЗ 3302, для удобства отображения отключены кабина и грузовая платформа.

На рис. 3 (для примера) показаны деформации несущей системы базовой модели автомобиля с каркасом фургона в режиме вывешивания правого переднего колеса.

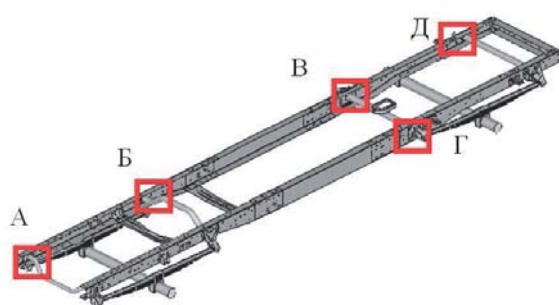


Рис. 2. Наиболее нагруженные зоны лонжеронов рамы ГАЗ 3302

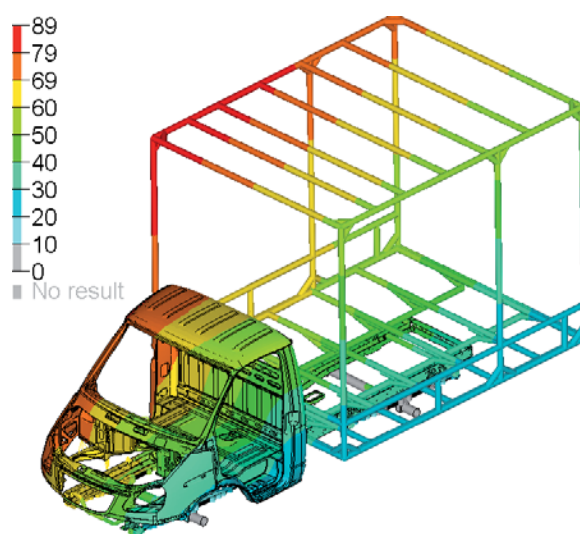


Рис. 3. Деформации, мм

Таблица 1

Прирост напряжений в характерных зонах лонжеронов рамы, %

Модель \ Зона	Прирост напряжений, %				
	А	Б	В	Г	Д
Удлинённый с еврофургоном	+34	+43	+41	+25	+0
Удлинённый с бортовой платформой	+22	+50	+32	+36	-33
Удлинённый с платформой эвакуатора	+14	+48	+47	+31	-36

Для сравнения напряжений базовой и удлиненной рамы в режиме вывешивания колеса, а также оценки влияния типа надстройки составлена табл. 1, отражающая прирост напряжений по отдельным зонам А-Д, указанным на рис. 2.

На рис. 4 (для примера) показаны деформации несущей системы базовой модели автомобиля с каркасом фургона в режиме изгиба.

Для сравнения напряжений базовой и удлиненной рамы в режиме изгиба, а также оценки влияния типа надстройки составлена табл. 2, отражающая прирост напряжений по отдельным зонам А-Д, указанным на рис. 2.

Следующим этапом является расчет изгибной жесткости рамы, приведенной к базе автомобиля, по формуле:

$$C_{\text{изг}} = \frac{F}{0,001 \cdot S \cdot L},$$

где F – сила приложенная к раме (Н); S – максимальные перемещения (мм); L – колесная база автомобиля, м.

Результаты расчета занесены в табл. 3.

При расчетах рассматривались статические режимы нагружения, не учитывающие возможные динамические и пиковые нагрузки. Полученные результаты расчетов позволяют выполнить сравнительный анализ исходной и удлиненной конструкций, оценить степень изменения жесткости и прочности системы. Выбранные режимы нагружения и полученные результаты характеризуют поведение конструкций при однократном нагружении, т.е. не могут быть использованы для прогнозирования долговечности конструкций.

Из анализа результатов расчетов (табл. 1 и 2) можно заметить, что при использовании разных типов надстроек не происходит существенного изменения прочности и жесткости

автомобиля. Но при анализе табл. 3 видно, что изгибная жесткость несущей системы с эвакуаторной платформой несколько выше других случаев (в силу высокой жесткости конструкции эвакуаторной платформы) и ближе к базовому автомобилю.

По результатам проведенных исследований можно сказать, что при удлинении рамы автомобиля происходит увеличение напряжений в среднем на 10% и уменьшение жесткости конструкции на 15%. При этом значения максимальных напряжений остаются в допустимых пределах. Таким образом, рассматриваемая в статье удлиненная конструкция рамы имеет достаточную прочность и жесткость с точки зрения восприятия возможных эксплуатационных нагрузок.

Литература

1. Девятков С.В., Компьютерные технологии инженерного анализа в новом тысячелетии // CADmaster. – 2002. – № 5(15). Режим досту-

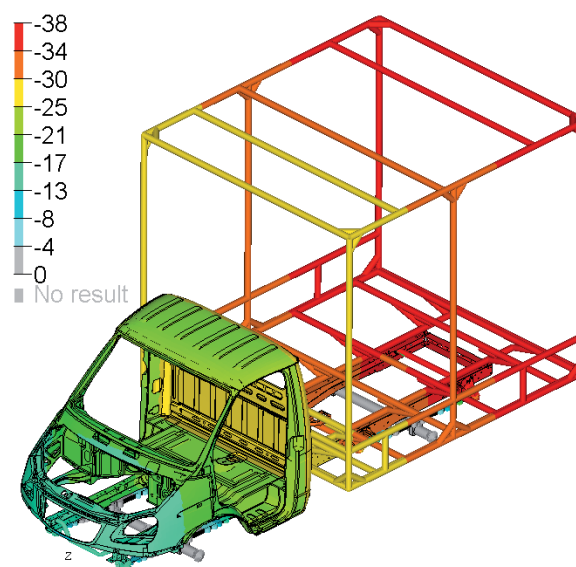


Рис. 4. Деформации, мм

Таблица 2

Прирост напряжений в характерных зонах лонжерона, %

Модель \ Зона	Прирост напряжений, %				
	А	Б	В	Г	Д
Удлинённый с еврофургоном	+25	0	-7	-7	-4
Удлинённый с бортовой платформой	+25	0	-8	-8	-4
Удлинённый с платформой эвакуатора	+36	-33	-24	-24	-11

Таблица 3

Изгибная жесткость

Модель \ Параметр	Базовый автомобиль	Удлинённый		
		еврофургон	платформа	эвакуатор
Жесткость, Н/м	31,7	26,5	26,5	27,3

па: http://www.cadmater.ru/magazin/articles/cm_15_msc_software.html (дата обращения 23.07.2015).

- Белокуров В.Н., Медведев И.А. Напряженно-деформированное состояние автомобильных рам и их адекватное моделирование методом конечных элементов // Машиностроение и инженерное образование. – 2006. – № 2. – С. 55–63.
- Mehdi Mahmoodi-k, Iraj Davoodabadi, Vinko Višnjić, Amir Afkar Stress and dynamic analysis of optimized trailer chassis // Tehnički vjesnik 21, 3(2014), 599–608.
- Ahmad O. Moaaz, Nouby M. Ghazaly. A Review of the Fatigue Analysis of Heavy Duty Truck Frames // American Journal of Engineering Research (AJER). – 2014.
- Орлов Л.Н., Тумасов А.В., Герасин А.В. Сравнительная оценка результатов компьютерного моделирования и испытаний рамы легкого коммерческого автомобиля на прочность // Известия высших учебных заведений. Машиностроение. – 2013. – № 10. – С. 63–68.
- Шурыгин, В.Ю. Исследование напряженно – деформированного состояния рамы грузового автомобиля с использованием программных комплексов MSC.PATRAN И MSC.NASTRAN Режим доступа: http://www.mssoftware.ru/docs/conf/vuz2014/13_ngtu-shurygin.pdf (дата обращения 22.07.2015).
- Шурыгин В.Ю., Орлов Л.Н. Расчетная оценка прочности измененных (удлинённых) рам грузовых автомобилей // Нижегородская сессия молодых ученых. Технические науки: Материалы докладов (20; 2015) / Отв. За вып. Зверева И.А. – Н. Новгород: Гладкова О.В. – 2015. – С. 79–83.
- Барышников Ю.Н. Расчет нагрузок на несущую систему большегрузного автомобиля-самосвала. Инженерный журнал: наука и инновации, 2014, вып. 1. Режим доступа: URL: <http://engjournal.ru/catalog/eng/teormech/1174.html> (дата обращения 15.07.2015).