

ПРОГНОЗИРОВАНИЕ И ОБЕСПЕЧЕНИЕ ПАССИВНОЙ БЕЗОПАСНОСТИ КУЗОВОВ АВТОБУСОВ ПРИ ПРОЕКТИРОВАНИИ

Рогов П.С., Орлов Л.Н., Тумасов А.В.

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

В данной работе рассматривается методика обеспечения пассивной безопасности автобусов, в том числе изготовленных на шасси легких коммерческих автомобилей, в соответствии с требованиями Правил ЕЭК ООН № 66, при проектировании. На раннем этапе проектирования, при выборе безопасной силовой схемы кузова, методика предусматривает прогнозирование пассивной безопасности по результатам расчета кинематическим методом по предельному состоянию. После этого выполняется оценка влияния различных конструктивных решений на пассивную безопасность автобуса с помощью конечно-элементного моделирования на примере комбинированных моделей, которые содержат стержневые и оболочечные элементы. Окончательная оценка пассивной безопасности на завершающем этапе проектирования или при сертификации подразумевает использование подробной модели автобуса. При этом предполагается проведение верификации результатов расчетов посредством проведения испытаний отдельных силовых элементов и полномасштабного опрокидывания секции наиболее сложной конфигурации, использование экспериментально полученных упругопластических характеристик материалов, математическое моделирование движения автобуса до удара в опорную поверхность кювета.

Ключевые слова: автобус, легкий коммерческий автомобиль, метод конечных элементов, пассивная безопасность.

PREDICTION AND GUARANTEEING OF BUS BODIES PASSIVE SAFETY IN DESIGN PROCESS

Rogov P.S., Orlov L.N., Tumasov A.V.

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

The technique of passive safety guaranteeing in design process of buses including made on the chassis of light commercial vehicles, according the requirements of UNECE Regulation №66, is considered in this paper. At the early stage of design, when choosing safe body structure, the technique includes prediction of passive safety by the results of the analytical kinematic method. After that, estimation of the influence of various design solutions for bus passive safety, using simplified finite element models which contain beam and shell elements, is performed. In the final stages of design or approval, final evaluation of passive safety involves the use of a detailed finite element model of the bus. It implies verification of the calculation results by testing of individual components and rollover of section with most complex configuration, using the experimentally obtained elastic-plastic characteristics of the materials, mathematical modeling of bus motion before the impact with ditch.

Keywords: bus, light commercial vehicle, finite element model, passive safety.

Вопросы обеспечения пассивной безопасности автобусов должны прорабатываться на всем протяжении процесса проектирования. Поэтому уже на ранних этапах, при выборе силовой схемы кузова, необходимо прогнозировать его безопасность на основе результатов предварительных расчетов. В этом случае наиболее подходящим является применение инженерного метода [3], основанного на кинематической теореме расчета конструкций по предельному состоянию. Этот метод дает возможность конструктору и расчетчику с помощью разработанной программы [4] оперативно выбирать на примере рассмотрения стержневых схем (рис. 1) такое соотношение пластических характеристик сечений между силовыми элементами, которое обеспечивало бы кузову 30%-ный запас по энергоемкости. Этот запас требуется для компенсации возможных негативных влияний технологических

(остаточных напряжений, некачественной сварки и др.) и эксплуатационных (коррозии, вмятин и др.) факторов на его снижение.

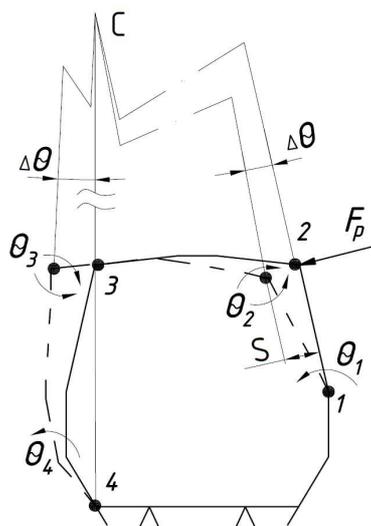


Рис. 1. Стержневая расчетная схема и механизм разрушения силового сечения средней секции кузова автобуса:

1-4 - характерные узлы, ● - обозначение пластических шарниров,

C - мгновенный центр скоростей узлов 2 и 3, F_p - вектор нагрузки, θ_i и $\Delta\theta$ - углы поворота элементов в пластических шарнирах, S - перемещение узла 2 по направлению вектора F_p

В дальнейшем, по мере разработки поверхностей и конструктивных сечений, обеспечение безопасности кузова в соответствии с существующим регламентом (требованиями Правил ЕЭК ООН № 66) [6] должно осуществляться на основе результатов конечно-элементного анализа и компьютерного моделирования. При этом целесообразно иметь информацию о влиянии отдельных элементов и конструктивных решений на повышение пассивной безопасности кузова. Ее можно получить из анализа результатов расчетов комбинированной модели (рис. 2).

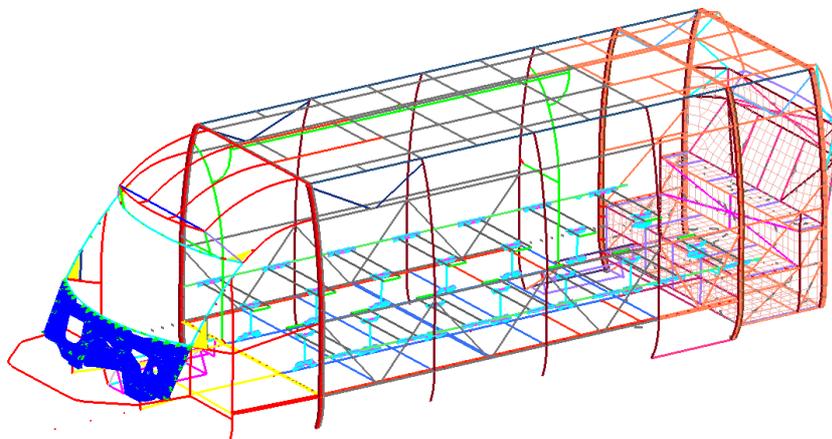


Рис. 2. Комбинированная конечно-элементная модель кузова автобуса на базе легкого коммерческого автомобиля.

Такая модель, состоящая из стержневых и пластинчатых элементов, позволяет при относительно малом времени счета анализировать варианты изменения конструкции [5] с целью повышения ее безопасности. После этого на завершающих этапах проектирования окончательная оценка пассивной безопасности кузова должна основываться на результатах компьютерного моделирования [1; 2] с использованием подробной модели, состоящей только из пластинчатых элементов, и современных программных продуктов типа MSC.Dytran, Simulia Abaqus или LS-Dyna. На рис. 3, для примера, показана подробная модель автобуса.

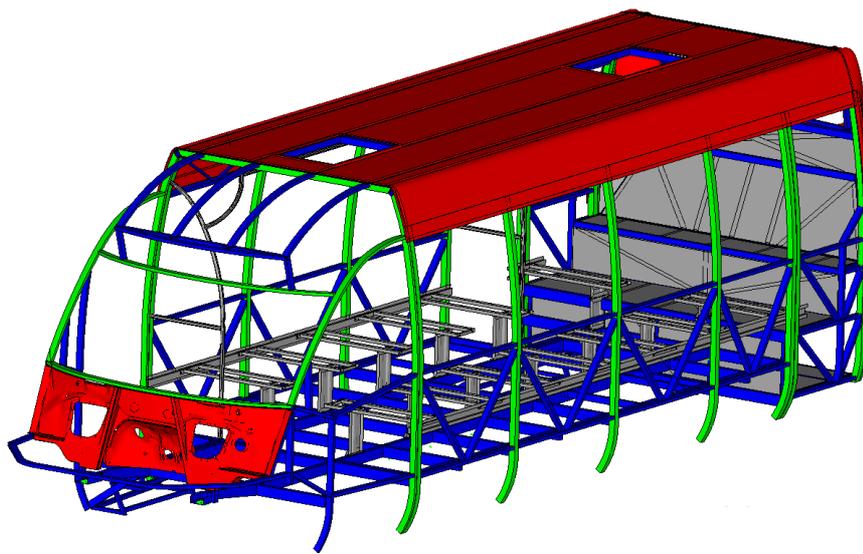


Рис. 3. Подробная конечно-элементная модель кузова автобуса.

Безусловно, при выполнении инженерных расчетов и компьютерного моделирования должна проводиться верификация результатов [7]. С этой целью на промежуточных этапах должны проводиться расчеты (рис. 4) и испытания (рис. 5) отдельных секций кузова. При получении удовлетворительной сходимости результатов по секциям можно говорить о правомерности применяемых подходов при разработке моделей. После чего их можно распространять на полную модель кузова для получения достоверных результатов.

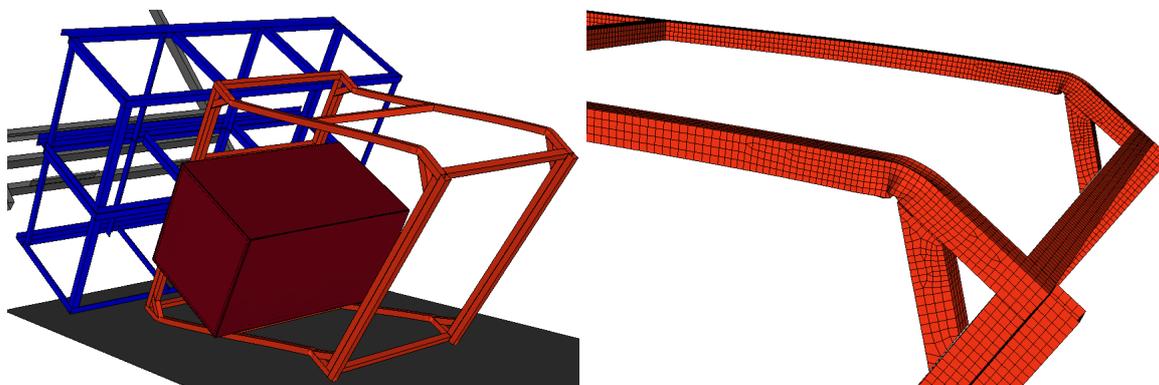
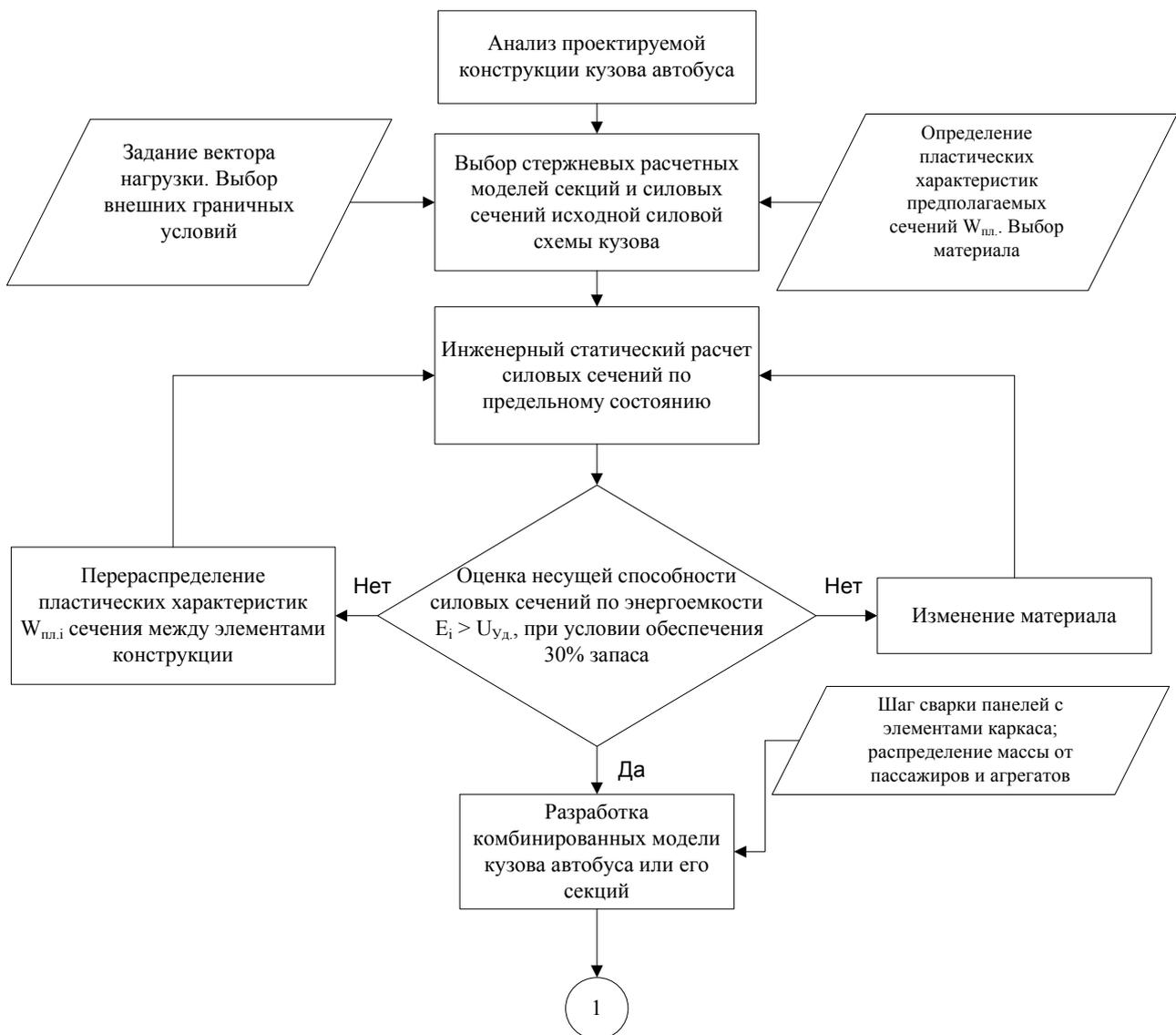


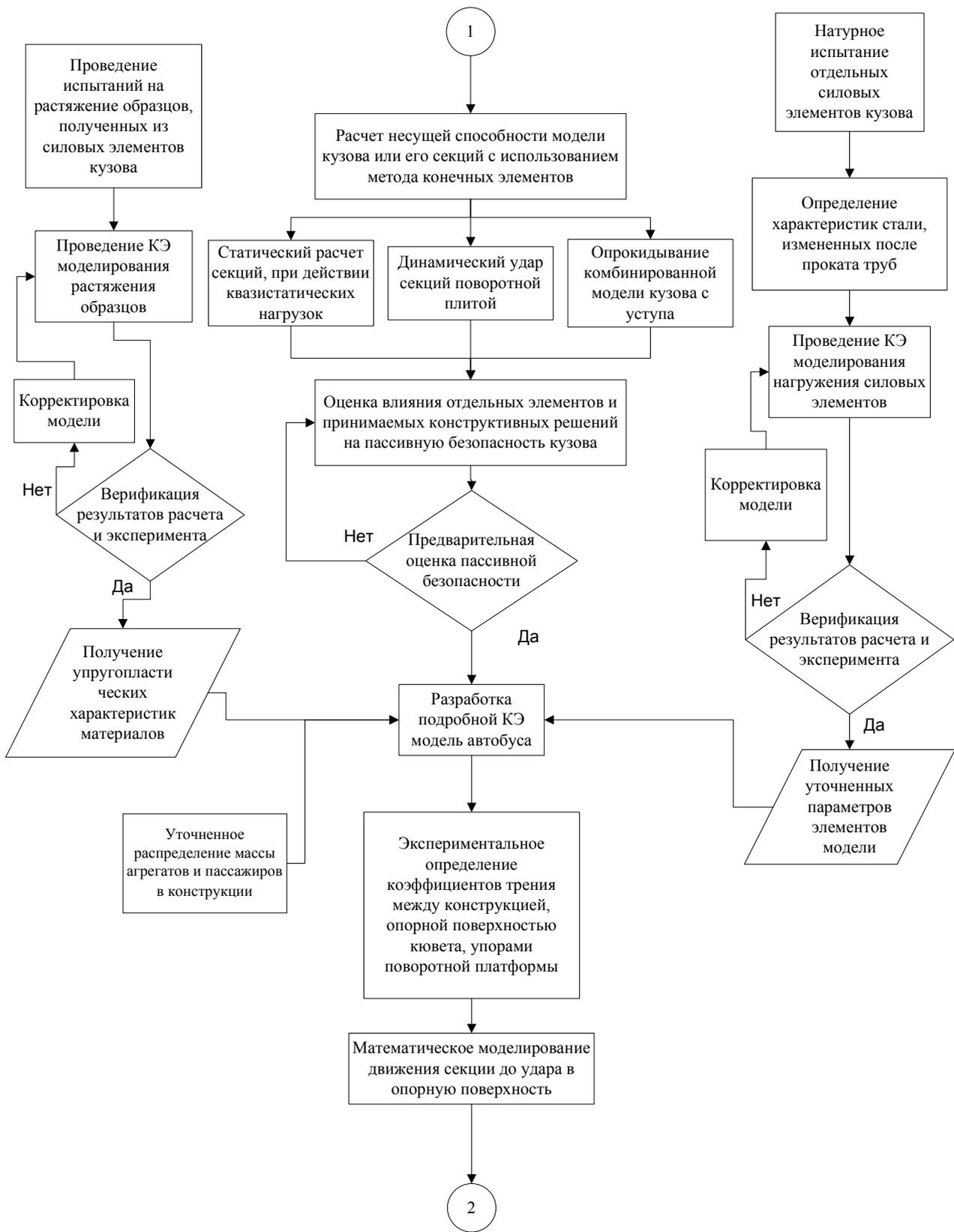
Рис. 4. Результаты компьютерного моделирования опрокидывания секции каркаса кузова.



Рис. 5. Результаты натурного опрокидывания секции каркаса кузова.

Рассмотренный процесс обеспечения пассивной безопасности кузовов автобусов при проектировании на основе результатов расчетов более подробно показан на рис. 6 в виде блок-схемы соответствующей методики.





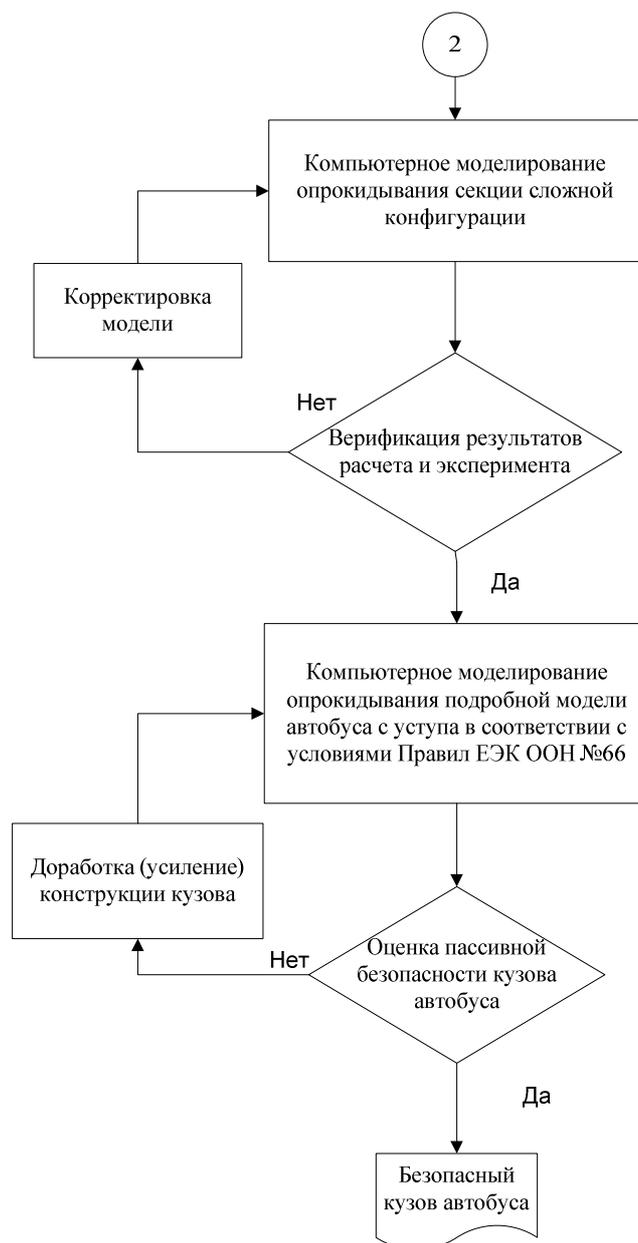


Рис. 6. Методика обеспечения пассивной безопасности автобусов при проектировании.

Приведенная на рис. 6 методика предусматривает окончательную оценку пассивной безопасности автобусов по результатам компьютерного моделирования. При этом для повышения точности результатов компьютерного моделирования опрокидывания при его верификации на примере отдельной секции предусмотрено математическое моделирование движения секции до ее удара в опорную поверхность. Методика также предусматривает определение характеристик материалов, влияния на них технологических операций, уточнение способов соединения реальных элементов и их представление в комбинированной и подробной моделях. При проектировании решаются задачи повышения пассивной безопасности. Поэтому в методике предусмотрены этапы оценки влияния на нее отдельных элементов и конструктивных решений с целью разработки конкретных практических рекомендаций.

Представленная методика позволяет прогнозировать пассивную безопасность кузовов разных классов автобусов, в том числе микроавтобусов, выполненных на базе шасси легких коммерческих автомобилей, на ранних этапах проектирования и обеспечивать ее на протяжении всего процесса разработки конструкторской документации.

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).

Список литературы

1. Вашурин А.С., Орлов Л.Н., Тумасов А.В., Ившин К.С. Расчетная оценка пассивной безопасности перспективного автобуса // Вестник Ижевского государственного технического университета. - 2013. - № 1. - С. 6-11.
2. Годжаев З.А., Фараджев Ф.А., Матвеев Е.А., Надеждин В.С. Перспективные методы проектирования несущих систем автотранспортных средств, в том числе по критериям безопасности // Журнал ААИ. – 2012. – № 4. – С. 34-38.
3. Орлов Л.Н. Пассивная безопасность и прочность кузовов, кабин автотранспортных средств. Методы расчета и оценки : учеб. пособ. - Н. Новгород : Изд-во Нижегород. гос. техн. ун-та, 2005. - 230 с.
4. Орлов Л.Н., Рогов П.С., Тумасов А.В. Выбор безопасной силовой схемы кузова на начальных этапах проектирования автобуса // Труды Нижегородского государственного технического университета им. Р.Е. Алексеева. - 2013. - № 3. - С. 131-138.
5. Орлов Л.Н., Тумасов А.В., Багичев С.А., Феоктистов Н.Ф. Расчётный анализ прочности и деформируемости кузова автобуса // Современные проблемы науки и образования. – 2013. – № 4. - URL: <http://www.science-education.ru/110-9503>.
6. Правила ЕЭК ООН № 66 Единообразные предписания, касающиеся официального утверждения крупногабаритных пассажирских транспортных средств в отношении прочности их силовой структуры, Пересмотр 1.
7. Vincze-Pap S. Solutions and problems to be solved in bus/coach passive safety // 10th EAEC European Automotive Congress (Belgrad, may 30 - june 1, 2005). — Belgrad, 2005. — С. 1272-1283.

Рецензенты:

Вахидов У.Ш., д.т.н., заведующий кафедрой «Строительные и дорожные машины», Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессиональ-

ного образования «Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева», г. Нижний Новгород;

Аникин А.А., д.т.н., научный руководитель НИЛ «Транспортные машины и транспортно-технологические комплексы», Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева», г. Нижний Новгород.