

ОЦЕНКА ПАССИВНОЙ БЕЗОПАСНОСТИ АВТОБУСА ПО РЕЗУЛЬТАТАМ КОМПЬЮТЕРНОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ

Орлов Л.Н., Тумасов А.В., Рогов П.С., Вашурин А.С.

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

Требованиями Правил ЕЭК ООН № 66 предусмотрено проведение расчетной оценки пассивной безопасности с применением средств компьютерного моделирования. Поэтому внедрение расчетных методов оценки безопасности кузовов в практику конструкторских отделов является актуальным. В данной работе компьютерное моделирование опрокидывания автобуса на базе шасси легкого коммерческого автомобиля выполнено с использованием разработанной комбинированной конечно-элементной модели. Ее аварийное нагружение осуществлялось с помощью поворотной жесткой плиты. Применение данного вида нагружения обосновано тем, что в отличие от опрокидывания под действием силы тяжести, он не требует распределения масс пассажиров и агрегатов автобуса по узлам модели. Расчет задачи в данной постановке занимает значительно меньшее время. Результаты работы могут быть полезны для специалистов, занимающихся расчетной оценкой пассивной безопасности автобусов.

Ключевые слова: кузов автобуса, конечно-элементная модель, расчет, пассивная безопасность.

BUS PASSIVE SAFETY ESTIMATION BY THE RESULTS OF COMPUTER SIMULATION

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

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

ECE R66 regulation provides realization of the passive safety calculative estimation with using the computer simulation tools. Therefore the actual task is the body safety estimation calculative methods introduction to the using in the design departments. In this paper rollover computer simulation of the bus which is based on the chassis of the light commercial vehicle was performed using the constructed finite element model. Its crash loading was implemented by rotational rigid wall. Application of this method is explained that unlike under the gravity rollover, it doesn't require passenger mass distribution over the model nodes. The task calculation takes significantly less time in this formulation. The results of the study can be useful for specialists working in the field of the bus passive safety calculative estimation.

Key words: bus, finite element model, calculation, passive safety.

При проектировании автобусов, когда требуется решать задачи обеспечения равнопрочности и пассивной безопасности кузова при заданной материалоёмкости, большое значение имеет расчётная оценка его несущей способности по разрушающим нагрузкам. Учитывая, что такая возможность предусмотрена существующими Правилами ЕЭК ООН № 66 [4], компьютерное моделирование условий опрокидывания автобуса должно соответствовать их требованиям. Поэтому разрабатываемая конечно-элементная модель автобуса (кузова) должна максимально воспроизводить все особенности его несущей системы. Способ аварийного нагружения модели должен обеспечивать соответствие геометрическим, энергетическим и кинематическим параметрам требований. Одним из возможных способов моделирования при доводке конструкции является представление кузова в виде комбинированной конечно-элементной модели, состоящей из стержневых элементов каркаса и пластинчатых (изгибных) элементов обшивки. Такая модель, как правило, имеет завышенную (на 20–30%) несущую способность по разрушающим нагрузкам. Поэтому её используют на начальных эта-

пах проектирования, при доводке и проведении сравнительных исследований по оценке влияния конструктивных изменений на прочность и безопасность кузова. Воспроизведение ударной нагрузки в этих случаях можно осуществлять с помощью поворотной жёсткой плиты (рис. 1).

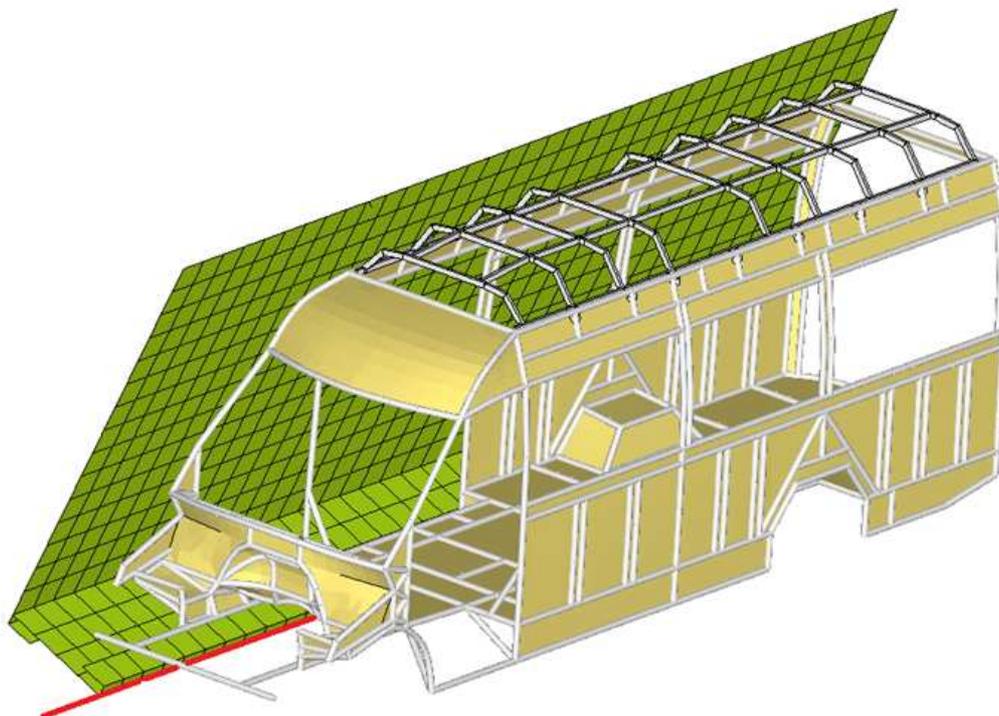


Рис. 1. Конечно-элементная модель с нагружающей поворотной плитой

При этом плита должна совершать удар по модели с энергией, соответствующей значению, возникающему при опрокидывании автобуса с уступа. На рис. 2а приведена схема опрокидывания автобуса на базе шасси легкого коммерческого автомобиля по требованиям Правил, а на рис. 2б показана схема эквивалентного нагружения модели. Такой режим нагружения является более жёстким и напряжённым в сравнении с реальным опрокидыванием автобуса, поскольку он не учитывает возможность его соскальзывания с буртика (упора D на рис. 2а) опрокидывающей платформы и соударения с опорной поверхностью по всей площади боковины [5].

Рассматриваемая конечно-элементная модель включает в себя 123 790 элементов, из которых 119 222 элемента типа Shell, 2072 элемента типа Beam и 2496 элементов типа Rigid. Элементам были присвоены упругопластические характеристики соответствующих материалов с пределом текучести от 180 до 250 МПа. На рис. 3 показаны деформированные виды её отдельных поперечных сечений и размеры остаточного запаса пространства безопасности.

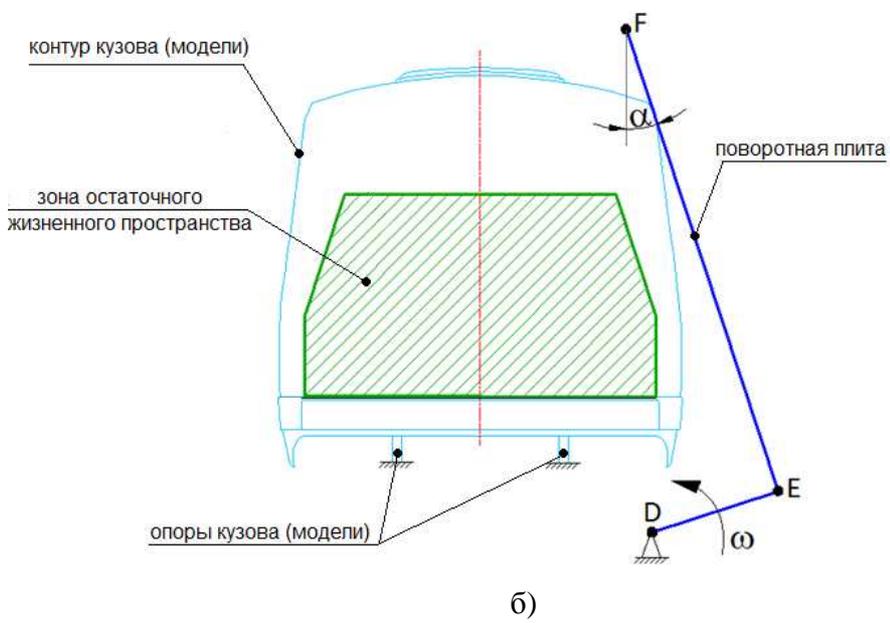
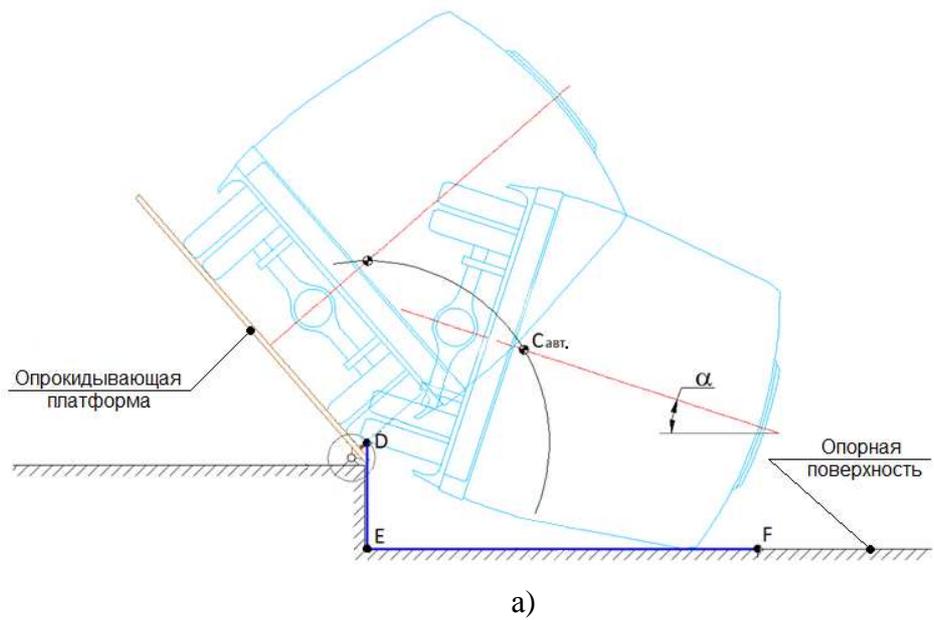


Рис. 2. Схемы опрокидывания автобуса (а) и эквивалентного нагружения кузова поворотной плитой (б)



Компьютерный анализ даёт возможность оценивать характер изменения кинетической энергии удара и поглощаемой моделью энергии (рис. 4), получать графические зависимости изменения ударной нагрузки F по времени (рис. 5) или в зависимости от возникающих деформаций модели кузова. Все эти данные являются необходимым материалом для проведения оценки пассивной безопасности автобуса. Так, наличие зазоров между элементами сечений модели и контурами необходимого жизненного пространства на рис. 3 свидетельствует о том, что кузов отвечает требованиям безопасности.

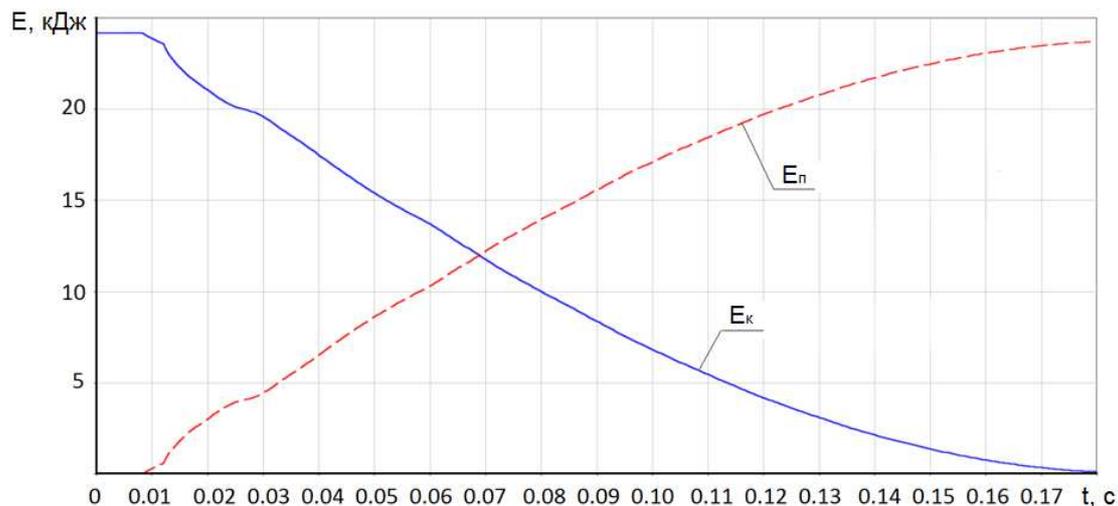


Рис. 4. Графики изменения энергий.

E_k - кинетическая энергия удара; E_p - поглощаемая моделью энергия

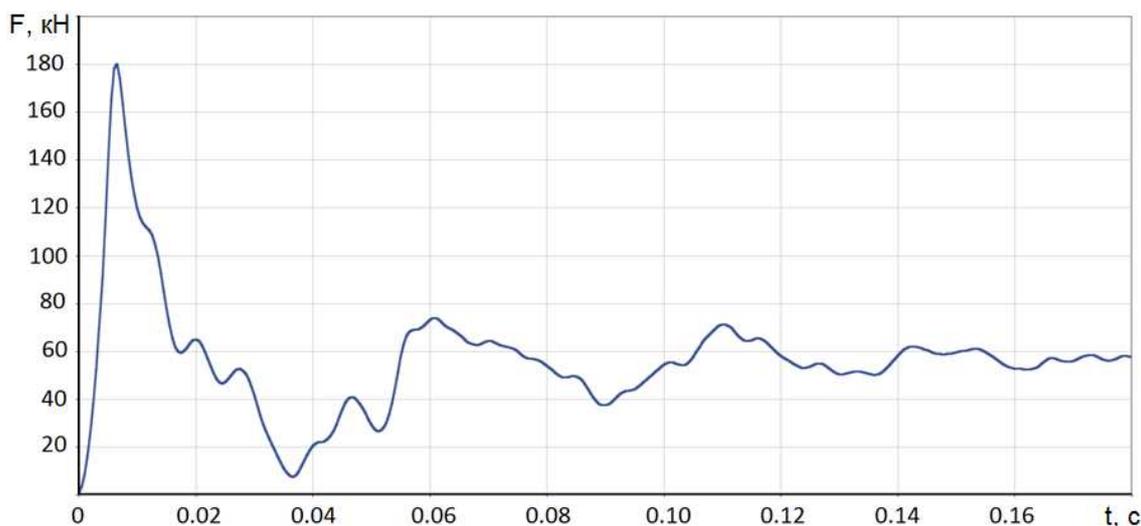


Рис. 5. График изменения ударной нагрузки

Его конструкция обеспечивает полное поглощение энергии удара (рис. 5), при этом гарантирует сохранение остаточного пространства внутри салона автобуса. В модели не учитывались стёкла, двери, люки, поручни и сиденья. Поэтому справедливо предположить, что реальная конструкция автобуса обладает более высокой несущей способностью и имеет за-

пас по безопасности. Окончательно это можно утверждать после проведения подобных исследований с применением подробной конечно-элементной модели автобуса, состоящей только из пластинчатых элементов [1-3].

Выполненная работа имеет важное практическое значение. Рассмотренные результаты могут быть полезны для специалистов, занимающихся проектированием кузовов автобусов, исследованием, оценкой их безопасности. Принятые подходы могут быть использованы при исследовании пассивной безопасности разных классов автобусов, в том числе микроавтобусов, выполненных на базе шасси легких коммерческих автомобилей.

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. 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.
2. Зузов В.Н., Карамышев Ю.Ю., Ким И.В. Анализ влияния конструкции автобуса на пассивную безопасность при опрокидывании на основе метода конечных элементов // Вестник МГТУ им. Н.Э. Баумана. – 2008. – С. 145-149.
3. Орлов Л.Н. Оценка деформируемости секций и пассивной безопасности кузова в условиях, имитирующих опрокидывание автобуса / Л.Н. Орлов, А.В. Тумасов, П.С. Рогов, А.С. Вашурин, К.С. Ившин // Вестник Ижевского государственного технического университета. – 2013. – № 1. – С. 4-6.
4. Единообразные предписания, касающиеся официального утверждения крупногабаритных пассажирских транспортных средств в отношении прочности их силовой структуры : Правила ЕЭК ООН № 66.
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 / НГТУ. - 2012. - № 3 (96). - С. 150-156.

Рецензенты:

Шапкин Виктор Александрович, доктор технических наук, профессор, профессор кафедры «Строительные и дорожные машины», ФГБОУ ВПО «Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева», г. Нижний Новгород.

Волков Вячеслав Михайлович, доктор технических наук, профессор, профессор кафедры «Динамика и прочность машин и сопротивление материалов», ФГБОУ ВПО «Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева», г. Нижний Новгород.