

Анализ влияния конструктивных факторов кабины на пассивную безопасность грузовых автомобилей при ударе по передним стойкам

11, ноябрь 2013

DOI: 10.7463/1113.0636798

Шабан Б. А., Зузов В. Н.

УДК 629.113

Россия, МГТУ им. Н.Э. Баумана

shabanbasse1976@yahoo.com

zuzvalery@rambler.ru

Введение. Повышение пассивной безопасности автомобильного транспорта является одной из главных задач, стоящих перед разработчиками новых конструкций с учётом увеличения парка автомобилей, тенденций роста скоростей движения и грузоподъёмности машин, усиления конкуренции между производителями. Составной частью решения этой сложной комплексной задачи является создание кабин грузовых автомобилей, отвечающих требованиям пассивной безопасности, способных при аварийных столкновениях снизить риски травмирования и гибели водителя и пассажиров. Испытания автомобилей на пассивную безопасность являются весьма трудоёмкими и дорогостоящими, поэтому при отработке их конструкций целесообразно в максимальной степени использовать современные возможности расчётного анализа на основе компьютерного моделирования высоко нелинейных процессов деформирования кабины при столкновении автомобиля с препятствием. Использование методов математического моделирования для обеспечения требуемых характеристик пассивной безопасности проектируемых кабин грузовых автомобилей при достаточной точности моделировании лишено отмеченных недостатков экспериментальных методов. Согласно существующим требованиям пассивной безопасности удар по передним стойкам кабины грузового автомобиля является одним из самых опасных для жизни водителя и пассажиров. Поэтому энергия удара должна поглощаться конструкцией кабины при сохранении внутри остаточного пространства безопасности для водителя и пассажиров. Это требование в настоящее время регламентирует ГОСТ Р 41.29-99 (Правила ЕЭК ООН N 29) [1-2]. В

связи с этим при разработке безопасных конструкций кабин грузовых автомобилей следует особое внимание уделять конструкциям передних стоек и дверей.

Решение данной актуальной задачи – разработка путей совершенствования конструкции кабины грузового автомобиля при ударе по передним стойкам с целью повышения характеристик пассивной безопасности – является **целью статьи**.

Для проведения исследований была разработана конечно-элементная модель (КЭМ) среднего уровня (рациональная КЭМ: число узлов 102087, число элементов 102455, размеры элементов 8 [мм] [5, 6]), адекватно отражающая силовые элементы кабины, условия их соединения и закрепления на внешних опорах [7].

Моделируется процесс удара маятником по передней части кабины по методике (правилам) ГОСТ Р 41.29-99 (Правила ЕЭК ООН N 29) МКЭ в программном комплексе LS-DYNA. В процессе моделирования динамического удара маятнику задавалась начальная скорость $V=7,668$ [м/с], соответствующая необходимой кинетической энергии в момент удара, равной 29,4 [кДж] (рис. 1).

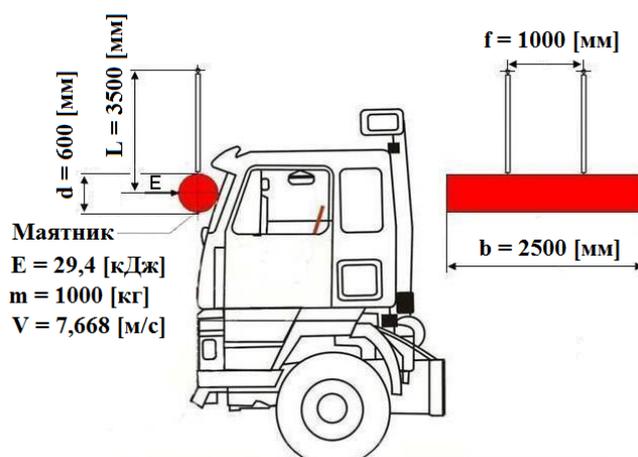


Рис. 1. Схема нагружения кабины при испытаниях по правилам ЕЭК ООН №29, Испытание передних стоек на удар (испытание «В»)

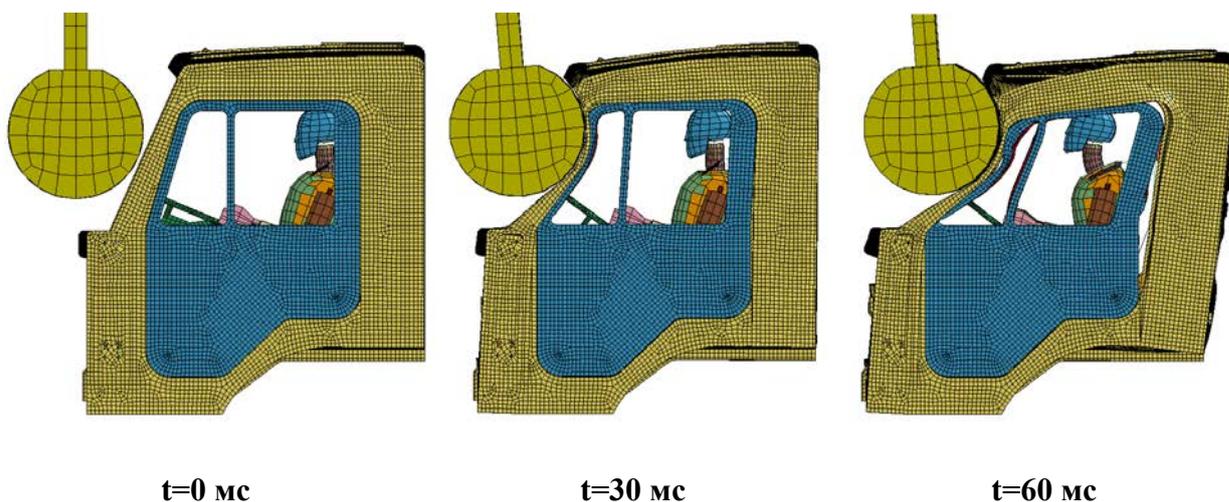


Рис. 2. Картины деформированных состояний КЭМ кабины КАМАЗ для трёх значений времени процесса

Результаты расчёта для исходной модели представлены на рис. 2. Анализ результатов включал в себя оценки пассивной безопасности кабины по Правилам (проверка остаточного пространства), а также положения манекена в процессе испытания и картины деформированного состояния. Максимальное расчётное перемещение маятника по времени составило 392,5 мм (рис. 4). Было выявлено, что практически не осталось пространства для ног манекена (рис. 3). Таким образом, кабина должна быть существенно доработана.

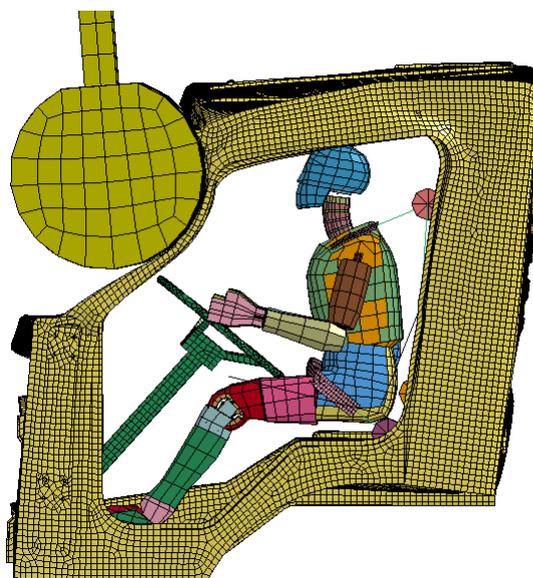


Рис. 3. Положение манекена в процессе испытания (дверь не показана)

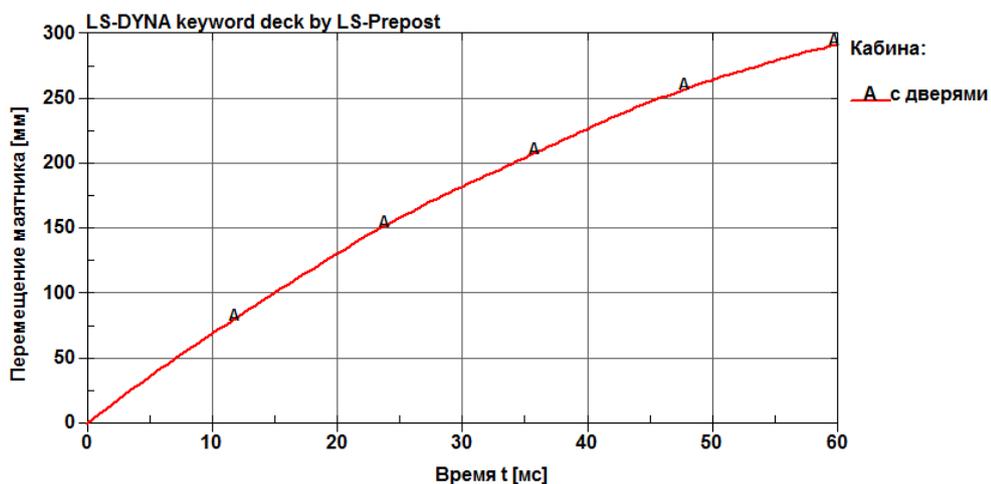


Рис. 4. График изменения перемещения маятника по времени

Помимо определения жизненного пространства, регламентируемого Правилами, нами предлагается оценить также расчётное ускорение центра масс головы манекена в заданный промежуток времени. Мы считаем, что это очень важный параметр, который позволит в конечном итоге из разных вариантов возможных изменений конструкции выбрать наилучший.

По результатам расчёта выявлено, что результирующее ускорение составляет 12,5 g (оно не превышает допустимого значения 80 g в течение 3 мс). На рис. 5 представлен график зависимости изменений ускорения головы от времени. По значению максимального ускорения можно судить об общей жесткости конструкции при ударе.

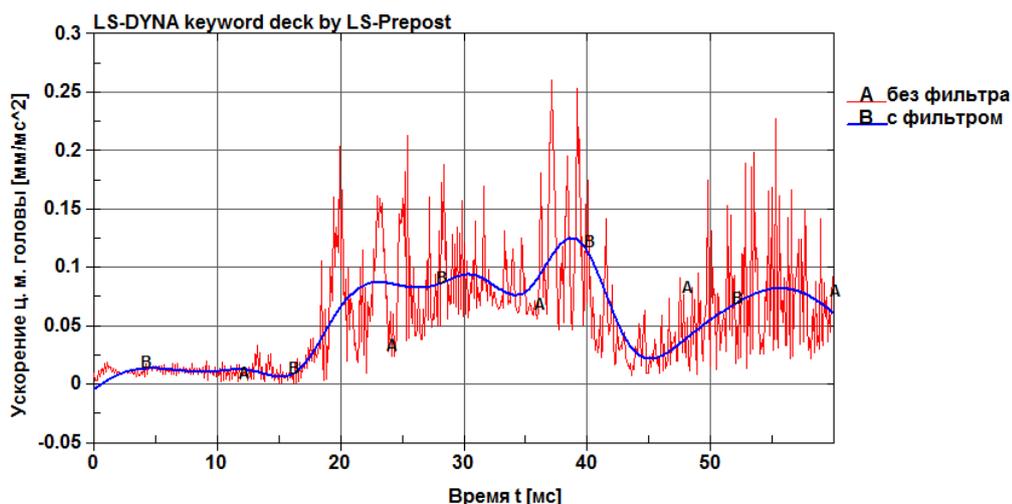


Рис. 5. График изменений ускорений центра масс головы манекена исходной модели по времени (красным цветом показан график после обработки фильтром, синим - без фильтра)

Для оценки влияния дверей на параметры пассивной безопасности проведены расчеты кабины при закрытых дверях для исходной конструкции и для исходной конструкции с увеличенной толщиной деталей дверей. Результаты расчётов представлены на рис. 6-8.

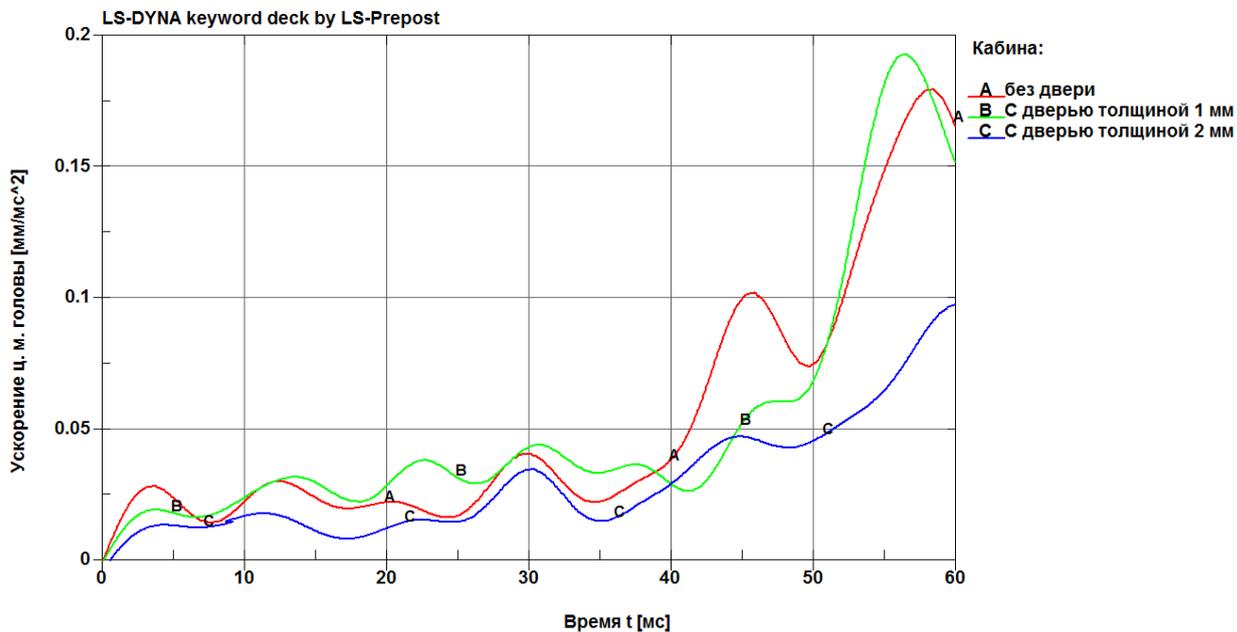


Рис. 6. Графики ускорений центра масс головы манекена

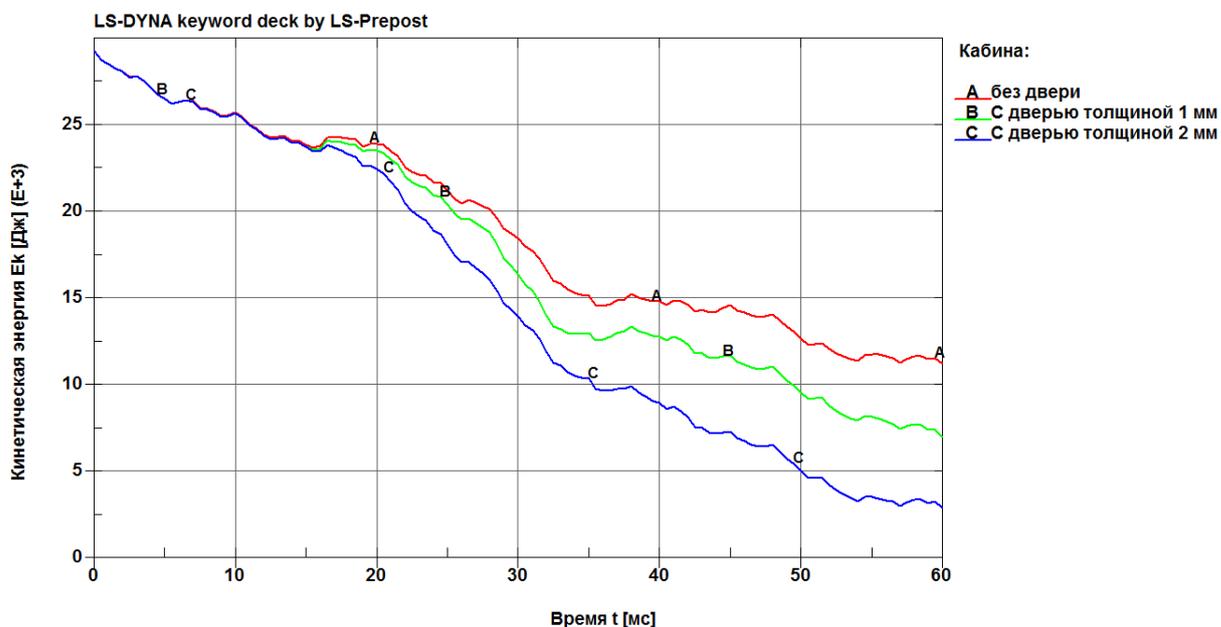


Рис. 7. Графики изменений кинетической энергии по времени

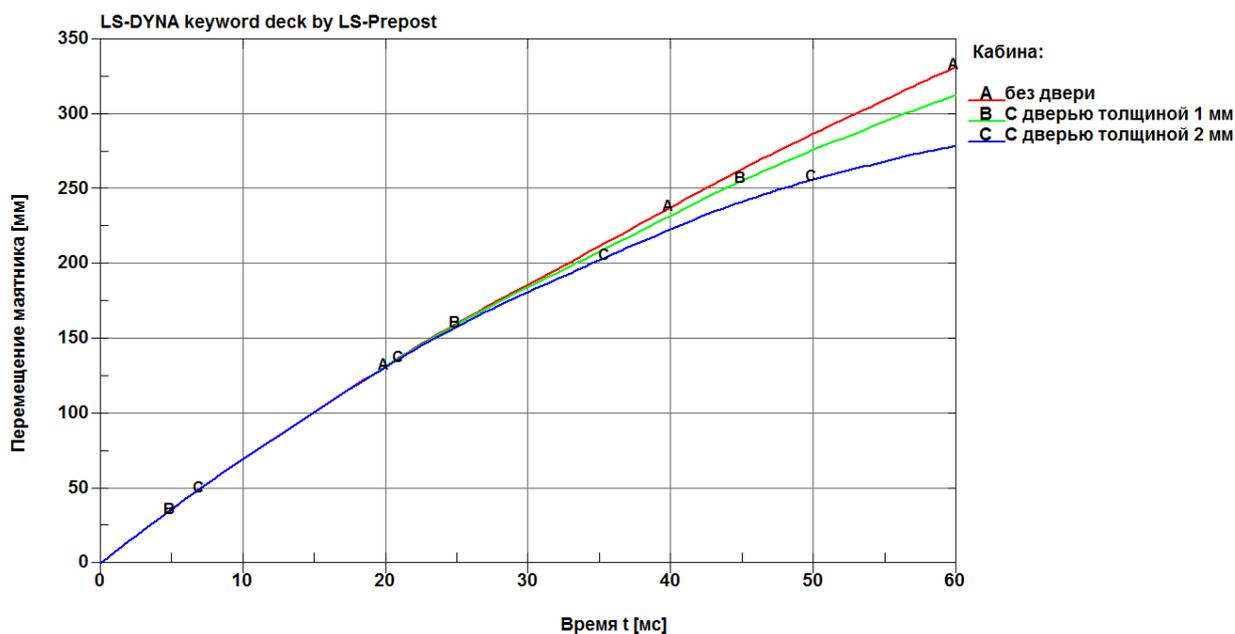


Рис. 8. Графики изменений перемещений маятника по времени

Из графиков видно, что увеличение толщины основных деталей дверей кабины КАМАЗ-5320 (без ребра) привело к повышению параметров, влияющих на пассивную безопасность грузового автомобиля (до 10,8% при увеличении толщины до 2 мм).

В результате всестороннего анализа поведения кабины с закрытыми дверями при ударе по передним стойкам были предложены изменения в конструкцию кабины с целью улучшения ее параметров пассивной безопасности, которые показаны на рис. 9.

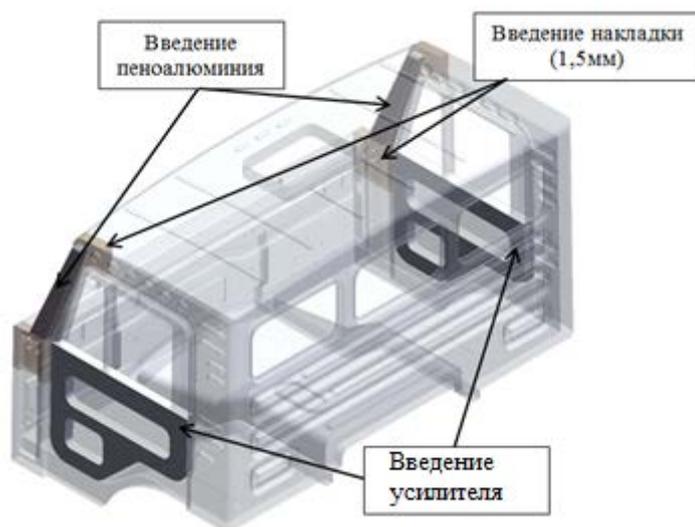


Рис. 9. Предлагаемые изменения конструкции кабины

Для сравнительного анализа в расчётах использовались накладки внутренней стойки толщиной 1,5 мм и введение пеноалюминия (Hydro foam-filled 1050 H14 AL) внутри стоек на базе имеющегося опыта [3, 4, 8]. Результаты расчёта для КЭМ исходной кабины («база») и КЭМ с тремя вариантами усиления (накладки, пеноалюминий, накладки и пеноалюминий) представлены на рис. 10-12.

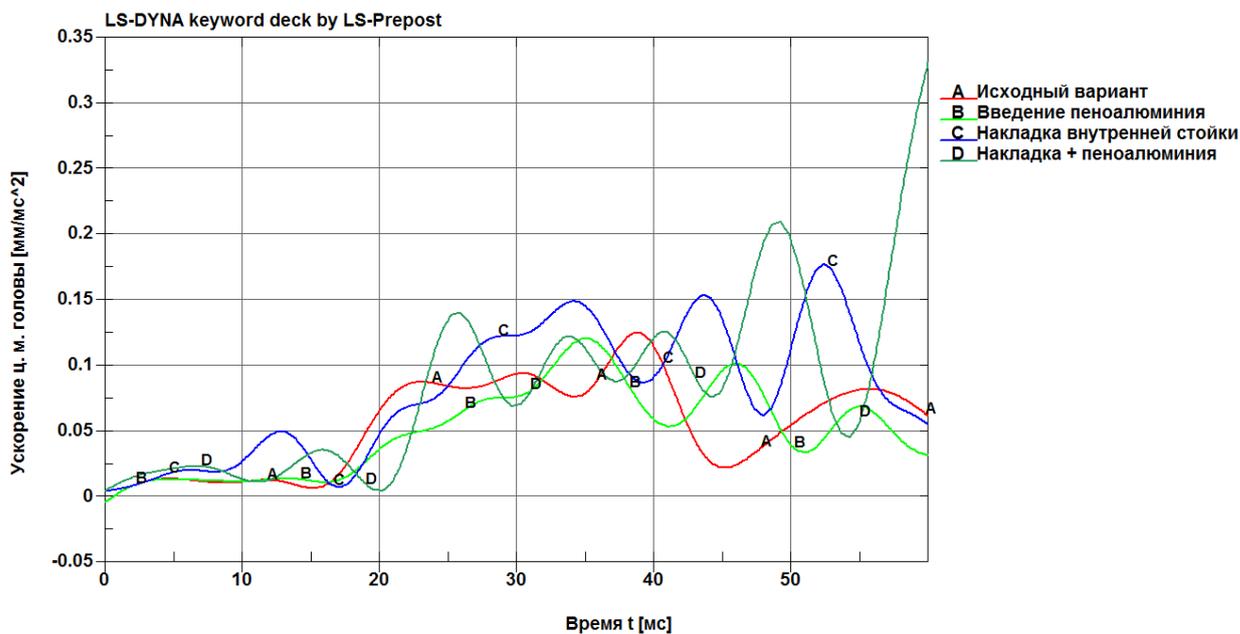


Рис. 10. Графики ускорений центра масс головы манекена

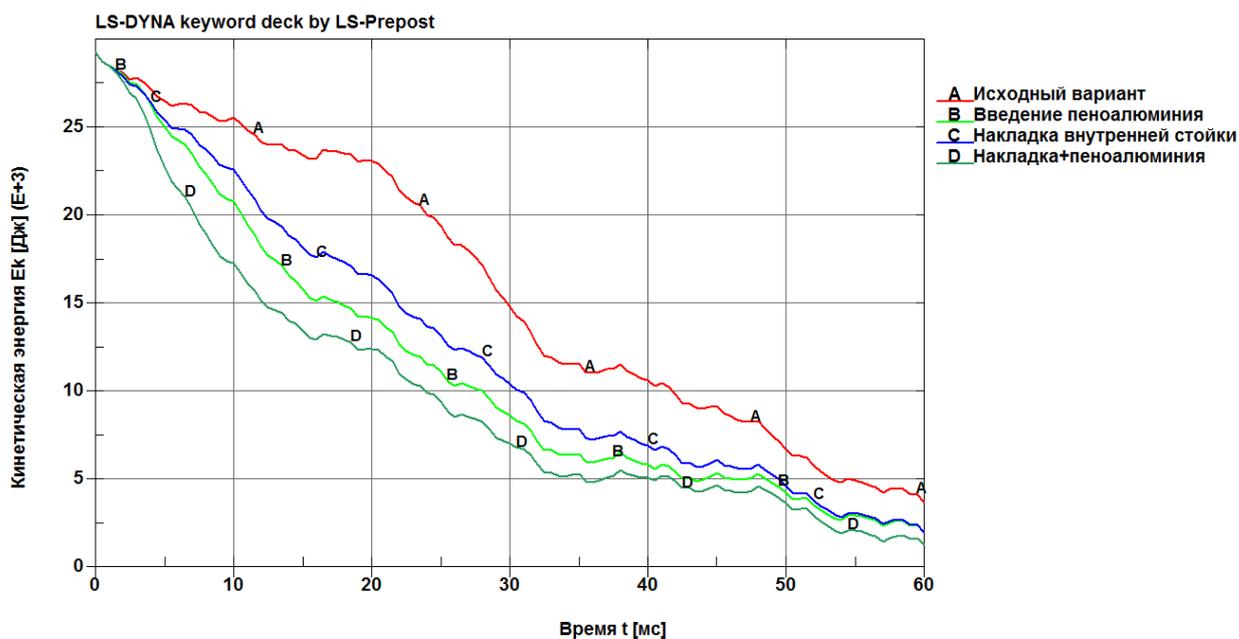


Рис. 11. Графики изменений кинетической энергии по времени

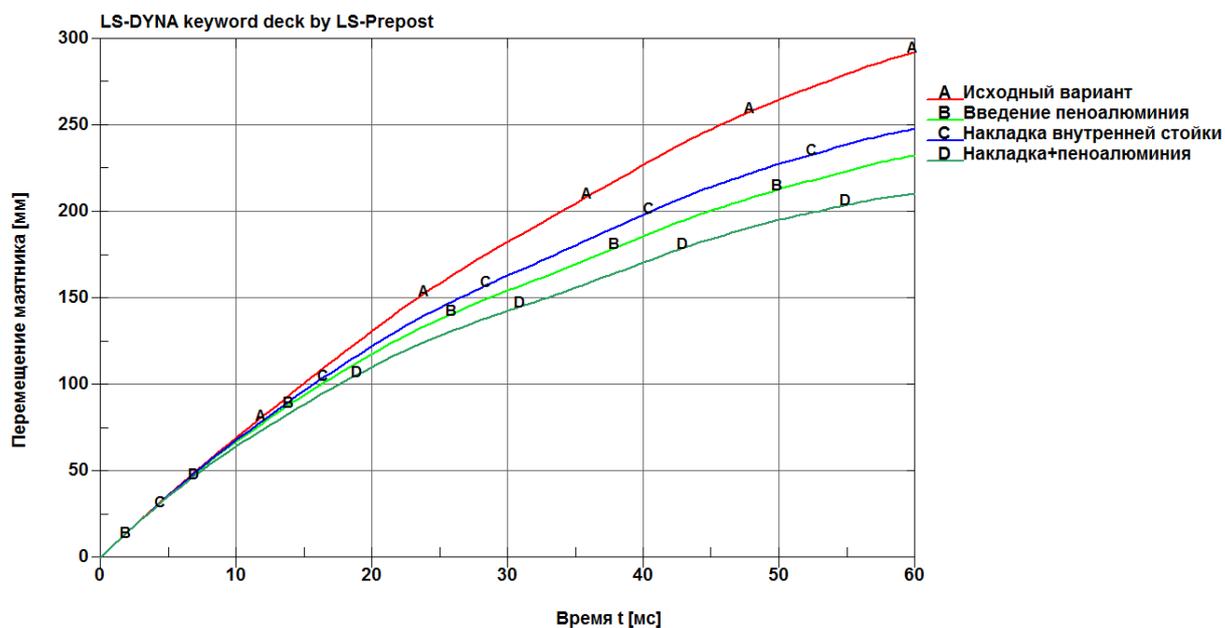


Рис. 12. Графики изменений перемещений маятника по времени

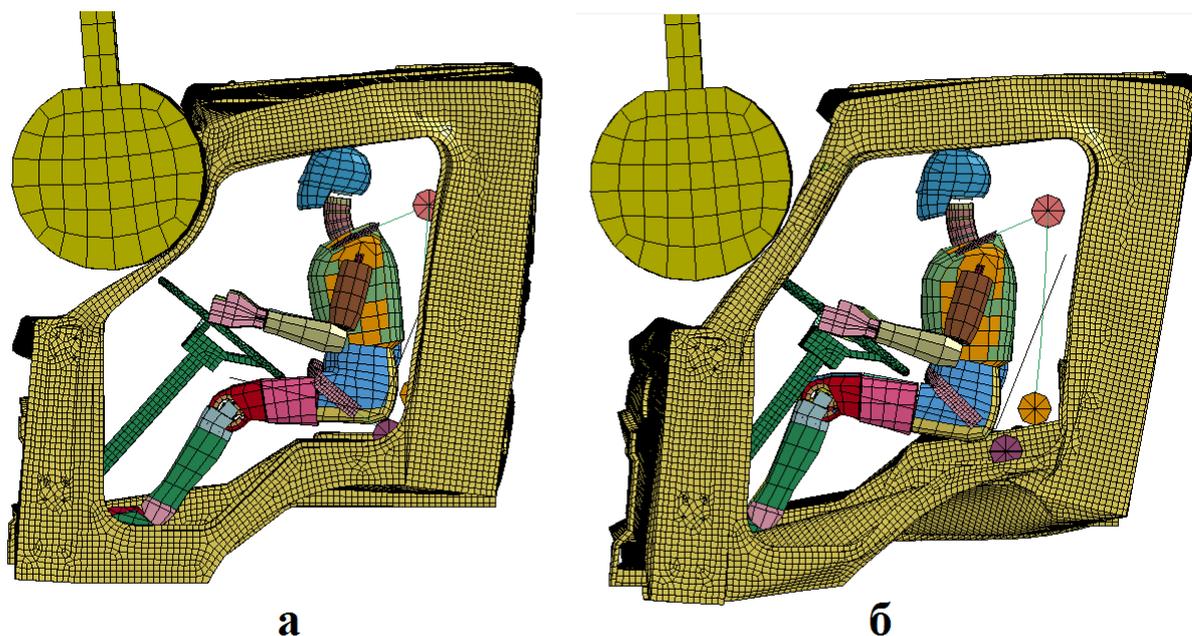


Рис. 13. Положение манекена в процессе удара (дверь не показана): а- исходный вариант; б- предложенный вариант

Из графиков видно, что перемещение маятника в осевом направлении уменьшилось на 210,73 мм по сравнению с исходной моделью (рис. 13.). Это повысило значение параметров, влияющих на пассивную безопасность грузового автомобиля, на 28%.

ОСНОВНЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ И ВЫВОДЫ

На основе проведённых исследований можно сделать следующие выводы.

1. Увеличение толщины основных деталей дверей кабины КАМАЗ-5320 привело к повышению параметров, влияющих на пассивную безопасность грузового автомобиля (до 11% при увеличении толщины до 2 мм).
2. Введение локальных накладок, пеноалюминия внутрь стоек кабины грузового автомобиля способствуют повышению пассивной безопасности. Применительно к кабине автомобиля КАМАЗ-5320 достигнуто улучшение параметров пассивной безопасности (при ударе по стойкам улучшение параметров до 28%).

Работа выполнена при финансовой поддержке Министерства образования и науки Российской Федерации в рамках договора №9905/17/07-к-12 между ОАО «КАМАЗ» и «Московским государственным техническим университетом имени Н.Э. Баумана».

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Правила ЕЭК ООН № 29 (документ E/ECE/324/Rev.1/Add.28/Rev.2 – E/ECE/TRANS/505/Rev.1/Add.28/Rev.2). Единообразные предписания, касающиеся официального утверждения транспортных средств в отношении защиты лиц, находящихся в кабине грузового транспортного средства. ООН, 2012. 26 р.
2. ГОСТ Р 41.29-99 (Правила ЕЭК ООН № 29). Единообразные предписания, касающиеся официального утверждения транспортных средств в отношении защиты лиц, находящихся в кабине грузового транспортного средства. Введ. 2000-07-01. М.: Изд-во стандартов, 2000. 20 с.
3. Nilakantan A. T. Computational Assessment of Occupant Injury Caused by Mine Blasts underneath Infantry Vehicles // International Journal of Vehicle Structures & System. 2009. Vol. 2. P. 145-149.
4. Nilakantan G. Design and Development of an Energy Absorbing Seat and Ballistic Fabric Material Model to Reduce Crew Injury Caused by Acceleration From Mine/IED Blast. University of Cincinnati, 2006. 12 p.
5. Шабан Б.А., Зузов В.Н. Особенности моделирования каркасных элементов кузовов и кабин автомобилей при исследовании пассивной безопасности // Наука и образование. МГТУ им. Н.Э. Баумана. Электрон. журн. 2012. № 11. DOI: [10.7463/1112.0486675](https://doi.org/10.7463/1112.0486675)
6. Шабан Б.А., Зузов В.Н. Особенности построения конечно - элементных моделей кабин для исследования пассивной безопасности при ударе в соответствии с правилами <http://technomag.bmstu.ru/doc/636798.html>

ЕЭК ООН №29 // Наука и образование. МГТУ им. Н.Э. Баумана. Электрон. журн. 2013. № 3. DOI: [10.7463/0313.0542301](https://doi.org/10.7463/0313.0542301)

7. Junyuan Zhang, Guang Chen and Hongbin Tang. Parametric design and structural improvements to optimize frontal crashworthiness of a truck // International Journal of Crashworthiness. 2011. Vol. 16, no. 5. P. 501-509.

8. Зузов В.Н., Маркин И.В. Проблемы исследования пассивной безопасности кабин на стадии проектирования // XXX межд. науч. техн. конф. «Безопасность конструкции автотранспортных средств»: сб. докл. Дмитров, 2000.

Analysis of impact of structural factors on passive safety of truck cabs at a front impact on A-pillars

11, November 2013

DOI: 10.7463/1113.0636798

Shaban B.A., Zuzov V.N.

Bauman Moscow State Technical University, 105005, Moscow, Russian Federation

shabanbassem1976@yahoo.comzuzvalery@rambler.ru

The purpose of this paper is to develop methods of improving design of a truck cab at a dynamic impact on A-pillars; the aim of this design is to increase characteristics of passive safety. According to the results of the calculation the authors estimate maximum movements of primary elements of the design and residual living space; the authors analyse behaviour of the door frames, window frames, pillars, frame girders, other elements of the truck cab, etc. The design is experiencing contact, buckling, crumpling, bending, appearance of plastic hinges. To improve the design, the most sensitive areas and locations of plastic hinges were found. As an indirect assessment of stiffness in the cab as a whole, the authors suggest that, besides the recommended living space, acceleration of the mass center of a dummy should be used; the maximum value of acceleration at a certain time interval should be regulated, too. Basing on a comprehensive analysis of the impact of structural factors on passive safety of a truck cab at an impact on A-pillars, modifications to vehicle interior (increased thickness of the main parts of cab doors, introduction of local pads and foam aluminium racks inside the truck cab), which improved truck passive safety. Key words: passive safety, truck cab, pillar, pads, foam aluminium, impact load, LS-DYNA.

Publications with keywords: [passive safety](#), [cabin truck](#), [aluminum foam](#)

Publications with words: [passive safety](#), [cabin truck](#), [aluminum foam](#)

References

1. *Pravila EJeK OON No. 29 (dokument E/ECE/324/Rev.1/Add.28/Rev.2 – E/ECE/TRANS/505/Rev.1/Add.28/Rev.2). Edinoobraznye predpisanija, kasajushhiesja oficial'nogo utverzhdenija transportnyh sredstv v otnoshenii zashhity lic, nahodjashhihsja v kabine gruzovogo transportnogo sredstva* [UNECE Regulation No. 29 (document E/ECE/324/Rev.1/Add.28/Rev.2 – E/ECE/TRANS/505/Rev.1/Add.28/Rev.2). Uniform

- provisions concerning the approval of vehicles with regard to the protection of the occupants of the cab of a commercial vehicle]. United Nations, 2012. 26 p.
2. GOST R 41.29-99 (*Pravila EJeK OON № 29*). *Edinoobraznye predpisanija, kasajushhiesja oficial'nogo utverzhenija transportnyh sredstv v otnoshenii zashhity lic, nahodjashhihsja v kabine gruzovogo transportnogo sredstva* [State Standard of RF 41.29-99 (UNECE Regulation no. 29). Uniform provisions concerning the approval of vehicles with regard to the protection of the occupants of the cab of a commercial vehicle]. Moscow, Standards Publishing House, 2000. 20 p.
 3. Nilakantan A. T. Computational Assessment of Occupant Injury Caused by Mine Blasts underneath Infantry Vehicles. *International Journal of Vehicle Structures and System*, 2009, vol. 2, pp. 145-149.
 4. Nilakantan G. *Design and Development of an Energy Absorbing Seat and Ballistic Fabric Material Model to Reduce Crew Injury Caused by Acceleration From Mine/IED Blast*. University of Cincinnati, 2006. 12 p.
 5. Shaban B.A., Zuzov V.N. Osobennosti modelirovaniya karkasnyh jelementov kuzovov i kabin avtomobilej pri issledovanii passivnoj bezopasnosti [Features of wireframe modeling bodies and cabs of cars while investigating passive safety]. *Nauka i obrazovanie MGTU im. N.E. Baumana* [Science and Education of the Bauman MSTU], 2012, no. 11. DOI: [10.7463/1112.0486675](https://doi.org/10.7463/1112.0486675)
 6. Shaban B.A., Zuzov V.N. Osobennosti postroeniya konechno - elementnykh modeley kabin dlya issledovaniya passivnoj bezopasnosti pri udare v sootvetstvii s pravilami EEK OON №29 [Features of building finite element models of cabins for passive safety studies under the impact according to UNECE Regulations № 29]. *Nauka i obrazovanie MGTU im. N.E. Baumana* [Science and Education of the Bauman MSTU], 2013, no. 3. DOI: [10.7463/0313.0542301](https://doi.org/10.7463/0313.0542301)
 7. Junyuan Zhang, Guang Chen and Hongbin Tang. Parametric design and structural improvements to optimize frontal crashworthiness of a truck. *International Journal of Crashworthiness*, 2011, vol. 16, no. 5, pp. 501-509.
 8. Zuzov V.N., Markin I.V. Problemy issledovaniya passivnoj bezopasnosti kabin na stadii proektirovaniya [Problems of investigation of passive safety of cabs at the design phase]. *30 mezhd. nauch. tekhn. konf. "Bezopasnost' konstruksii avtotransportnykh sredstv": sb. dokl.* [The 30th international scientific technical conference "Safety of construction of vehicles": proc.], Dmitrov, 2000.