

## Секция 2. ПРОЧНОСТЬ И ПАССИВНАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ ТРАНСПОРТНЫХ СРЕДСТВ

УДК 629.113

М.Ю. Зеленов, Р.Н. Шабров, А.В. Тумасов, Л.Н. Орлов

### РАСЧЕТНАЯ ОЦЕНКА ПРОЧНОСТИ ЗАЩИТНЫХ УСТРОЙСТВ, УСТАНОВЛИВАЮЩИХСЯ НА ГРУЗОВЫЕ ТРАНСПОРТНЫЕ СРЕДСТВА

Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева

Представлены результаты расчетных исследований прочности защитных устройств, устанавливаемых на грузовые автомобили для защиты от попадания под них автомобилей категории М1 и N1, а также при наезде на внешние препятствия.

*Ключевые слова:* заднее защитное устройство, боковое защитное устройство, моделирование, прочность, деформации, нагрузка.

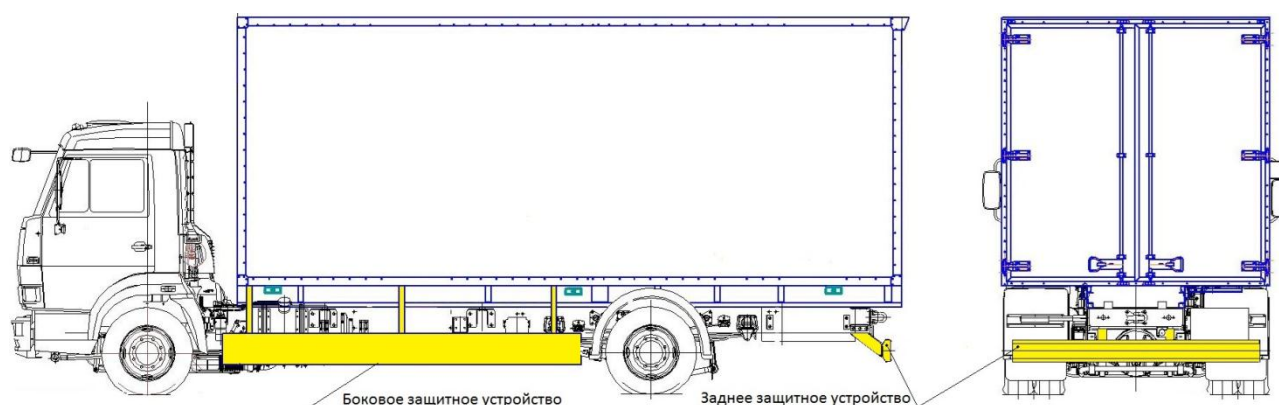
Повышение пассивной безопасности транспортных средств является актуальной и значимой проблемой в автомобилестроении. В настоящее время при проектировании отдельных силовых элементов и узлов пассивной безопасности должно вестись с учетом существующих требований. К таким элементам относятся защитные устройства. Их проектный расчет и выбор безопасной конструкции могут выполняться на основе применения компьютерного моделирования и проведения экспериментальных исследований. Все большее значение при выполнении работ, направленных на создание безопасной и надежной конструкции, приобретает компьютерное моделирование, так как это является экономически целесообразным по сравнению с проведением натуральных экспериментов [1-4].

В данной работе представлены результаты моделирования условий нагружения бокового и заднего защитных устройств грузового автомобиля. В качестве программного комплекса для создания моделей выбран программный комплекс HyperMesh лицензионного пакета Altair Engineering's HyperWorks, обладающий значительным функционалом и имеющий широкий спектр возможностей. Для расчетов использовался программный комплекс LS-Dyna.

Объектами исследования являются заднее и боковое защитные устройства, установленные на грузовой автомобиль с полной массой 18 т. Информация о конструктивных особенностях, марки стали, чертежи исследуемых защитных устройств получены с предприятия изготовителя. Остальные параметры моделирования приняты по результатам аналитических расчетов, проведенных специалистами НГТУ. В настоящее время требования, предъявляемые к защитным устройствам грузовых автомобилей, регламентируются Правилами ЕЭК ООН №73 для боковых защитных устройств и Правилами ЕЭК ООН №58 для задних защитных устройств. Также необходимо отметить, что данными Правилам предусмотрено оценку прочности проводить по результатам расчетных исследований.

Схема расположения заднего и бокового защитных устройств на грузовом автомобиле показана на рис. 1. Моделирование нагружения защитных устройств можно разделить на четыре основных этапа:

1. Создание геометрической модели:
  - разработка 3-D модели защитных устройств;
  - создание нагружающей плиты и выбор мест приложения нагрузок согласно требованиям Правил ЕЭК ООН.
2. Создание сетки конечных элементов:
  - разбиение созданной геометрической модели на сетку конечных элементов;
  - задание характеристик материалов;
  - проработка сварочных, болтовых соединений конструкции.
3. Задание граничных условий и проведение расчета:
  - закрепление модели согласно креплению реальной конструкции на автомобиле;
  - имитация реальных режимов нагружения.
4. Анализ и обработка результатов моделирования.



**Рис. 1. Схема расположения защитных устройств на транспортном средстве**

В соответствии с требованиями Правилами ЕЭК ООН №73 и №58, защитные устройства должны обладать достаточной прочностью в отношении усилий, действующих параллельно продольной оси транспортного средства, а для заднего защитного устройства и поперечной оси для бокового защитного устройства. В соответствии с требованиями Правил ЕЭК ООН № 73, боковое защитное устройство (БЗУ) считается пригодным, если оно способно выдерживать горизонтальную статическую нагрузку в 1 кН, прилагаемую перпендикулярно к любой части их внешней поверхности, центральной плоской частью силового цилиндра круглого сечения диаметром  $220 \text{ мм} \pm 10 \text{ мм}$  (рис. 2, а). При этом прогиб устройства под нагрузкой, измеренный в центре силового цилиндра, не должен превышать:

- 30 мм на самом заднем участке устройства длиной 250 мм;
- 150 мм на остальной части устройства.

В соответствии с требованиями Правил ЕЭК ООН №58-01, заднее защитное устройство (ЗЗУ) должно обладать достаточной прочностью в отношении усилий, действующих параллельно продольной оси транспортного средства. Во время и после действия усилий, регламентированных Правилами ЕЭК ООН №58-01 (прил. 5), расстояние по горизонтали между задней частью ЗЗУ и задней кромкой транспортного средства не превышает 400 мм в любой точке действия испытательных нагрузок. Нормативным документом предусматриваются следующие виды испытаний (рис. 2, б):

- горизонтальная нагрузка, равная 100 кН или 50% усилия, создаваемого максимальной массой транспортного средства (в зависимости от того, какая из этих величин меньше), прилагается последовательно в двух точках (рис. 2, б, зоны 1 и 2) расположенных симметрично относительно средней линии устройства на расстоянии не менее 700 мм и не более 1 м от нее;
- горизонтальная нагрузка, равная 50 кН, или 25% усилия, создаваемого максимальной

массой транспортного средства (в зависимости от того, какая из этих величин меньше), прилагается последовательно в двух точках, расположенных в  $300 \pm 25$  мм от продольных плоскостей (рис. 2, б, зоны 3 и 4), касательных к внешним кромкам колес задней оси, и в третьей точке, которая расположена в среднем вертикальном сечении транспортного средства на прямой линии, соединяющей первые две точки (рис. 2, б, зона 5).

На рис. 3 показаны типовые конечно-элементные модели защитных устройств грузового автомобиля.

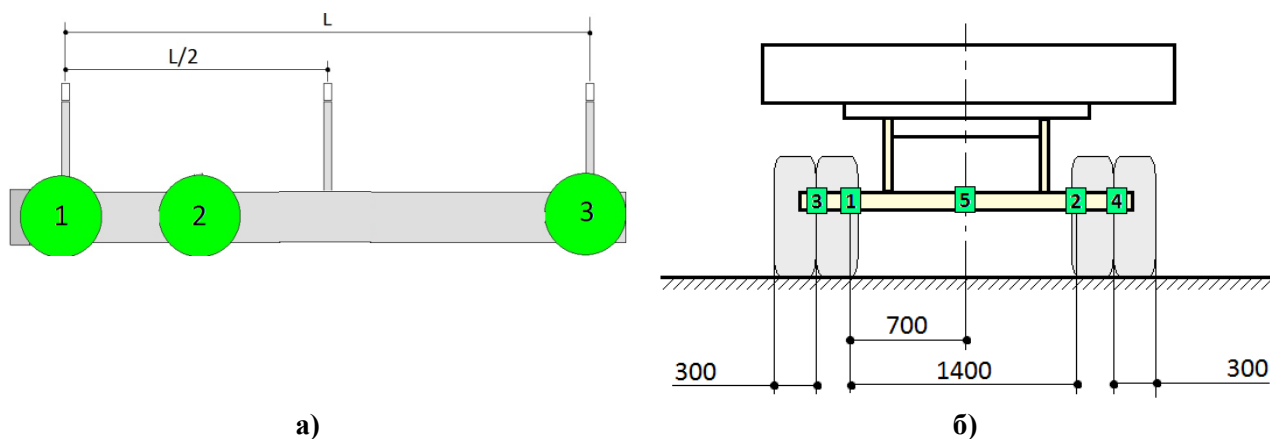


Рис. 2. Зоны приложения регламентированных нагрузок:  
а – к боковому защитному устройству;  
б – к заднему защитному устройству

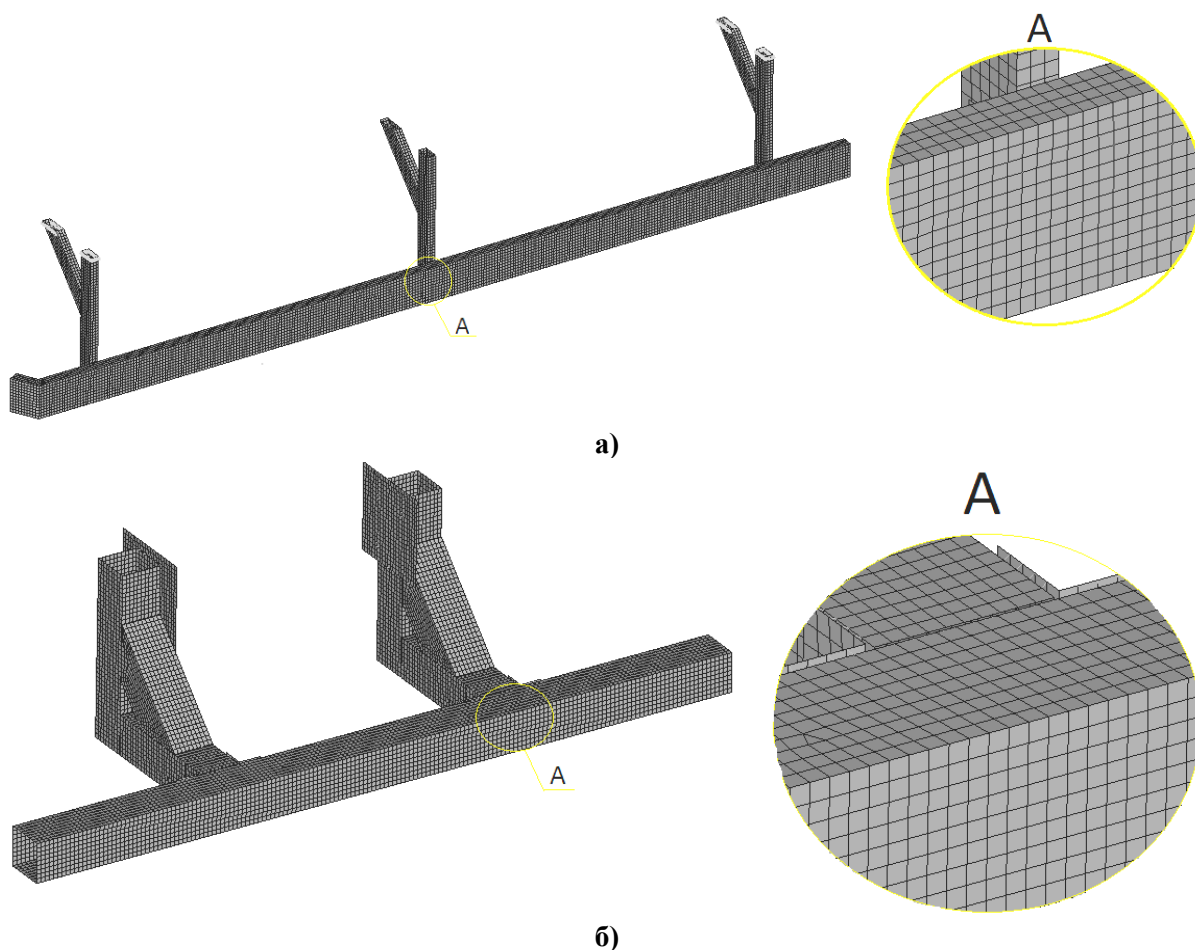


Рис. 3. Конечно-элементные модели защитных устройств:  
а – боковое защитное устройство; б – заднее защитное устройство

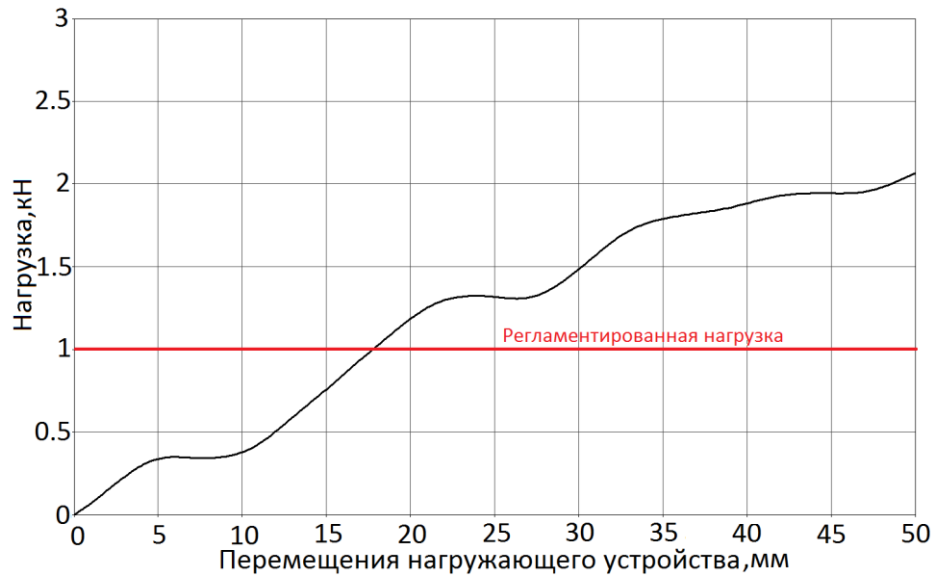


Рис. 4. График зависимости прикладываемой нагрузки и деформаций БЗУ в условиях нагружения зоны №2 (рис. 2, а)

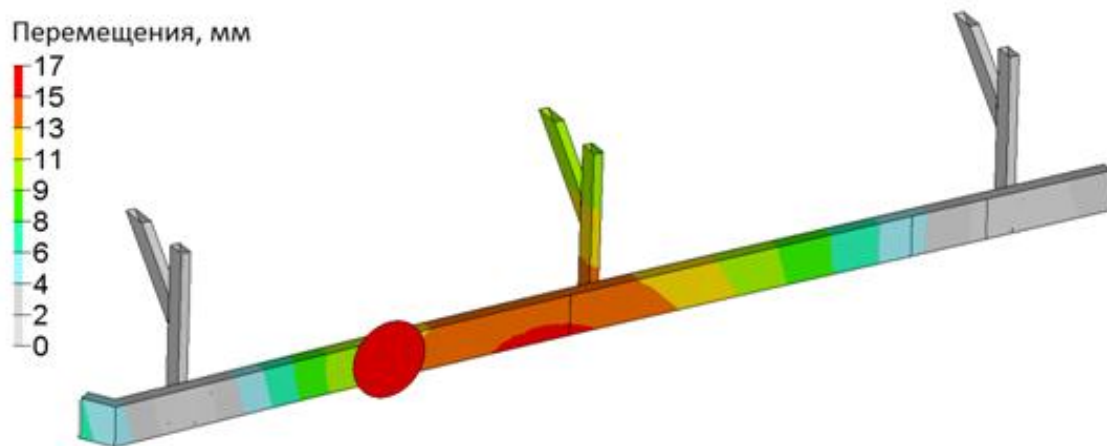


Рис. 5. Деформированный вид БЗУ в условиях нагружения зоны №2 (рис. 2, а)

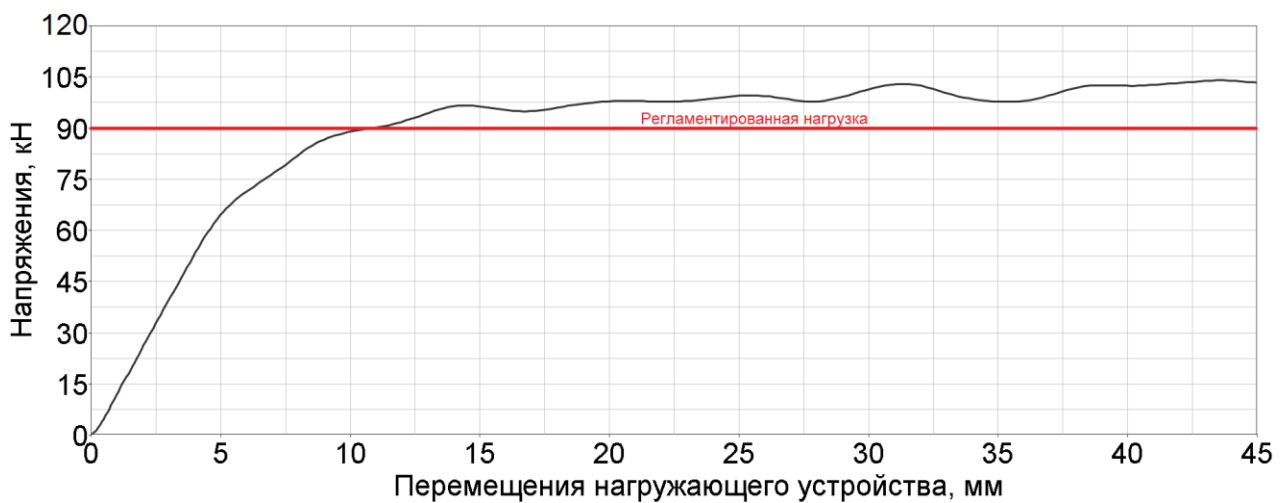


Рис. 6. График зависимости прикладываемой нагрузки и деформаций ЗЗУ в условиях нагружения зоны №2 (рис. 2, б)

На рис. 4 и рис. 5, для примера, показаны графики зависимости деформаций конструкции БЗУ от усилия на нагружающей плите и деформированный вид БЗУ в результате воздействия на него нагружающим устройством с регламентированной нагрузкой.

На рис. 6 и рис. 7, для примера, показаны графики зависимости деформаций конструкции ЗЗУ от усилия на нагружающей плите и соответствующий деформированный вид ЗЗУ.

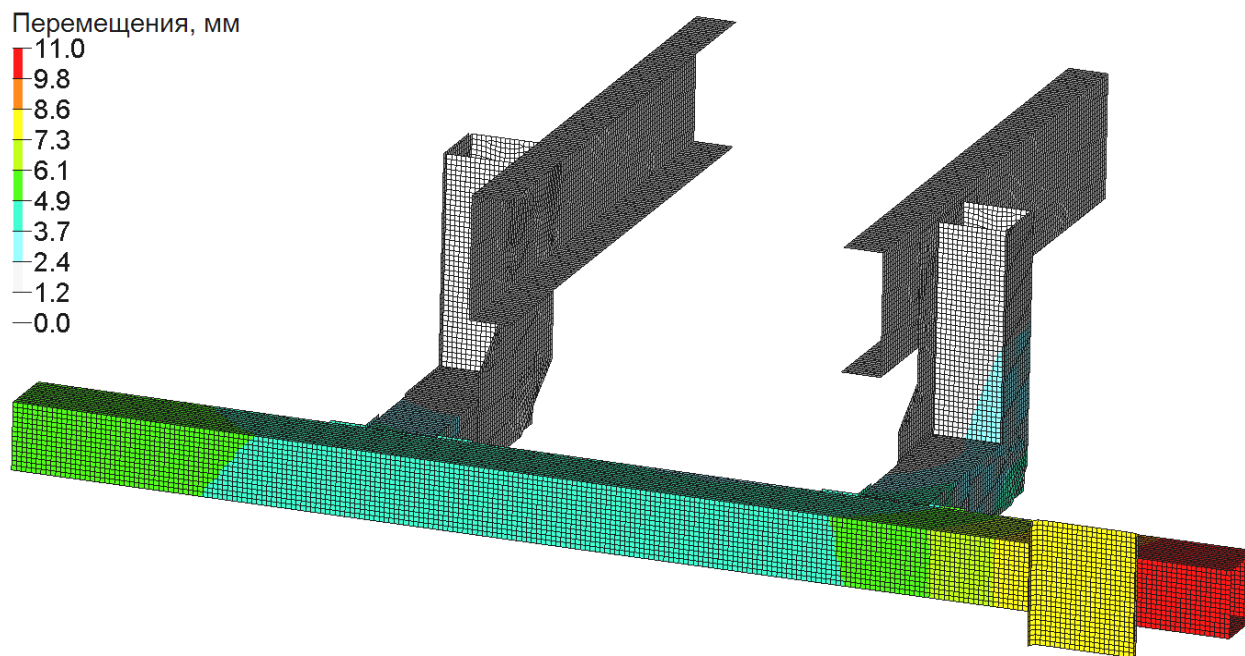


Рис. 7. Деформированный вид ЗЗУ в условиях нагружения зоны №2 (рис. 2, б)

Полученные результаты расчета позволяют оценить соответствие конструкций защитных устройств требованиям Правил ЕЭК ООН. По результатам моделирования можно выделить области, в которых возникают максимальные напряжения, оценить самые слабые места в конструкции. В совокупности полученные результаты могут представлять большой практический интерес для инженеров, занимающихся проектированием защитных устройств для грузовых автомобилей.

#### Библиографический список

1. **Erk, O.** Heavy Duty Truck Rear Underrun Protection Design For Regulative Load Cases / O. Erk, H.A. Solak, B. Balta // Otomotiv Teknolojileri Kongresi 2014, 26 – 27 May, BURSA (<http://www.otekon.org/bildiriler/B2.pdf>)
2. **Joseph, G.** Design and Optimization of the Rear Under-Run Protection Device Using LS-DYNA / G. Joseph, D. Shinde, G. Patil // International Journal of Engineering Research and Applications (IJERA). 2013. V. 3, Issue 4. Jul-Aug, P. 152–162. ([http://www.ijera.com/papers/Vol3\\_issue4/Z34152162.pdf](http://www.ijera.com/papers/Vol3_issue4/Z34152162.pdf))
3. **Joshi, K.** Finite Element Analysis of Rear Under-Run Protection Device (RUPD) for Impact Loading / K. Joshi, T.A. Jadhav, A. Joshi // International Journal of Engineering Research and Development. 2012. V 1. Issue 7. P. 19–26 (<http://www.ijerd.com/paper/vol1-issue7/E0171926.pdf>)
4. **Khore, A.K.** Impact Crashworthiness of Rear under Run Protection Device In Heavy Vehicle Using Finite Element Analysis / A.K. Khore, T. Jain, K. Tripathi // International Journal of Innovative Re-

search and Development. 2013. V. 2. Is. 13 (December). P. 332–338.  
(<http://www.ijird.com/index.php/ijird/article/viewFile/44511/35988>)

*Дата поступления  
в редакцию 30.09.2014*

**M.Y Zelenov, R.N Shabrov, A.V. Tumasov, L.N. Orlov**

## **CALCULATIVE ESTIMATION OF ROBUSTNESS OF PROTECTING DEVICES MOUNTED ON TRUCKS**

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

**Purpose:** Estimating of robustness of side and rear protecting devices according to ECE Rules, designing computer models of protecting devices, creating load conditions, calculating and analyzing results.

**Design/methodology/approach:** The simulation study based on finite elements method with using of LS-Dyna software that allows taking into account main structures design parameters.

**Findings:** It is possible to apply the research results for estimation of passive safety characteristics of trucks on the basis of simulation results.

**Research limitations/implications:** The present study provides a starting-point for further research in the field of trucks passive safety and estimation of robustness of side and rear protecting devices.

**Originality/value:** The main peculiarity of the study is original approach of computer simulation of side and rear protecting devices behavior under different loading conditions.

*Key words:* rear underrun protection device, side underrun protection device, simulation, robustness, deformations, loads.