

## ПОВЕДЕНИЕ ЭЛЕКТРОННЫХ БЛОКОВ И УСТРОЙСТВ ПОД ДЕЙСТВИЕМ УДАРНЫХ НАГРУЗОК ПРИ ДТП

**В.Н. Торлин, профессор, д.т.н., А.А. Ветрогон, ст. преподаватель,  
С.В. Огрызков, ст. преподаватель, Севастопольский НТУ**

***Аннотация.** Рассматривается процесс воздействия ударных нагрузок на элементы конструкции автомобиля, содержащие электронные устройства, предназначенные для обеспечения его пассивной безопасности, сравнивается время их срабатывания со скоростью распространения ударной волны.*

***Ключевые слова:** ударные нагрузки, электронные устройства, скорость срабатывания, скорость распространения ударной волны.*

## ПОВОДЖЕННЯ ЕЛЕКТРОННИХ БЛОКІВ І ПРИСТРОЇВ ПІД ДІЄЮ УДАРНИХ НАВАНТАЖЕНЬ ПРИ ДТП

**В.М. Торлін, професор, д.т.н., О.А. Ветрогон, ст. викладач,  
С.В. Огрызков, ст. викладач, Севастопольський НТУ**

***Анотація.** Розглядається процес впливу ударних навантажень на елементи конструкції автомобіля, що містять електронні пристрої, призначені для забезпечення його пасивної безпеки, порівнюється час їх спрацьовування зі швидкістю поширення ударної хвилі.*

***Ключові слова:** ударні навантаження, електронні пристрої, швидкість спрацьовування, швидкість розповсюдження ударної хвилі.*

## BEHAVIOUR OF ELECTRONIC BLOCKS AND DEVICES UNDER ACTION OF IMPACT LOADS AT ROAD ACCIDENTS

**V. Torlin, professor, dr. eng. sc., A. Vetrogon, senior teacher,  
S. Ogryzkov, senior teacher, Sevastopoi NTU**

***Abstract.** The process of impact loads action on vehicle's design elements that contain electronic devices intended for maintenance of its passive safety is considered. The action time is compared to the speed of shock wave propagation.*

***Key words:** shock load, electronics, response speed, shock velocity.*

### Введение

При дорожно-транспортном происшествии (ДТП) все узлы и механизмы автомобиля подвергаются воздействию ударных нагрузок, при этом рабочие характеристики конструктивных элементов либо ухудшаются, либо устройство разрушается совсем. Однако часть устройств и систем, которые обеспечи-

вают пассивную безопасность автомобиля, должны выполнять свои функции в условиях значительного динамического воздействия; это прежде всего относится к электронным устройствам, обеспечивающим срабатывание средств защиты пассажиров, регистрацию параметров ДТП и поддержание связи со средствами навигации. Представляет интерес рассмотрение круга задач, связанных с вы-

полнением указанных функций современными электронными устройствами.

### Анализ публикаций

Известны несколько способов [1, 2] анализа процессов деформации и разрушения конструкции автомобиля при ДТП, которые позволяют выполнить реконструкцию в пространстве и времени этого процесса. Разработка метода обратных задач [1] и его конечноэлементная интерпретация [2] позволили моделировать процесс поглощения энергии удара различными элементами конструкции, которые располагаются на определенном месте и на определенном расстоянии от места соударения конструкции с другим объектом, обладают определенной инерционной массой и динамической прочностью. Электрооборудование и электронные устройства автомобиля, в том числе предназначенные для обеспечения пассивной безопасности, представляются на этих моделях аналогично. Известно также [3], что в соответствии со стандартами EuroNCUP, MIL-STD-810F и другие электронные устройства выдерживают ударные нагрузки не более 10–15 g, а в процессе столкновения автомобилей при ДТП динамическое воздействие на конструкцию достигает порядка 45–60 g.

### Цель и постановка задачи

Целью настоящей работы является построение временной картины упругого и пластического взаимодействия конструкции автомобиля с препятствием при ДТП, позволяющей оценить возможность сохранения работоспособности электронных средств, которые обеспечивают пассивную безопасность автомобиля в экстренных условиях.

### Анализ процесса распространения ударной волны по конструкции автомобиля

Как показано в работе [1], кинетическая энергия транспортных средств при ДТП переходит в другие виды энергии

$$W_a = \mathcal{E}_{пл} + \mathcal{E}_y + \mathcal{E}_p + \mathcal{E}_т + \mathcal{E}_д, \quad (1)$$

где  $W_a$  – кинетическая энергия автомобиля, которую он имеет до удара;  $\mathcal{E}_{пл}$  – энергия, затраченная на пластические деформации конструкции ДТС;  $\mathcal{E}_y$  – энергия, затраченная

на упругие деформации;  $\mathcal{E}_p$  – энергия, затраченная на хрупкие разрушения элементов конструкции;  $\mathcal{E}_т$  – количество энергии, перешедшее в тепло;  $\mathcal{E}_д$  – количество кинетической энергии, которое автомобиль потерял при торможении или соприкосновении с дорогой и дорожными сооружениями, как до удара, так и после.

Наибольшую скорость распространения имеет упругая волна, время распространения которой по конструкции соизмеримо с быстродействием электроники, хотя величина  $\mathcal{E}_y$  значительно меньше  $\mathcal{E}_{пл}$ .

Промоделируем процесс распространения упругой волны по длине кузова автомобиля волновым уравнением

$$\frac{\partial^2 U}{\partial t^2} = c^2 \frac{\partial^2 U}{\partial x^2}, \quad (2)$$

где  $U$  – перемещения точек в волне растяжения–сжатия;  $c$  – скорость звука в материале (для стали  $c=6070$  м/с), которое проинтегрируем при следующих начальных условиях

$$\text{при } t = 0: \frac{\partial U}{\partial t} = V_0, \quad U = x_0. \quad (3)$$

Для общего случая решение задачи имеет вид

$$U(x, t) = \sin(x + ct) + \cos(x - ct). \quad (4)$$

Начальные условия (3) дают для волны, движущейся от начала координат

$$u(x, t) = x_0 \cos(x - ct). \quad (5)$$

Ударный импульс с первоначальной амплитудой  $x_0$  распространяется по длине автомобиля со скоростью  $c$ , многократно отражаясь, в результате формируется поле амплитуд, показанное на рис. 1.

Из которого следует, что распространение упругой волны по длине автомобиля от  $x=0$  до  $x=4000$  мм носит сложный характер, и окончательная конфигурация поля амплитуд во времени зависит от числа отражений и возвратов ударной волны. Движение зоны пластической деформации происходит при

скорости на два порядка меньшей, но при значительно большей энергии разрушения. Если упругая волна проходит через всю конструкцию, то зона пластических деформаций, рис. 2, разрушает только ее часть.

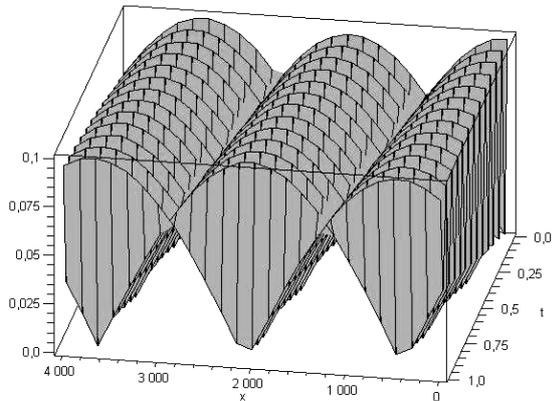


Рис. 1. Формирование поля амплитуд во времени

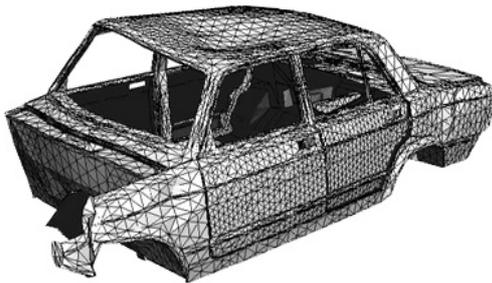


Рис. 2. Моделирование зоны пластических деформаций

Электронное оборудование, находящееся в неповрежденной части, также не затрагивается.

## Выводы

Проведенное исследование показало, что конструкция автомобиля и находящееся в нем электронное оборудование при ДТП подвергаются действию волн упругих и пластических деформаций, распространяющихся с различной скоростью. Действие упругих волн, обладающих меньшей энергией разрушения, может быть нейтрализовано специально разработанными средствами виброгашения, что оставляет в работоспособном состоянии быстродействующие электронные средства, предназначенные для обеспечения пассивной безопасности, что в свою очередь значительно уменьшает последствия ДТП.

## Литература

1. Ветрогон А.А., Торлин В.Н., Ксенофонтова В.А. Повышение достоверности результатов экспертизы ДТП по энергетическим критериям // Автомобильный транспорт. – Харьков: ХНАДУ. – 2005. – Вып. 16. – С. 19 – 22.
2. Торлин В.Н., Ветрогон А.А., Яковенко Е.А. Конечноэлементный анализ энергопоглощающей способности кузова автомобиля // Вісник Східноукраїнського національного університету ім. В. Даля. – 2006. – №7(101). – С. 115 – 119.
3. Регистратор автономный транспортный АРКО-1200-РАТР-НР // Компьютерное обозрение. – 2009. – №34 (700). – С. 34 – 36.

Рецензент: В.И. Клименко, профессор, к.т.н., ХНАДУ.

Статья поступила в редакцию 12 августа 2009 г.