

ЗАЩИТНЫЕ УСТРОЙСТВА ДЛЯ ПОВЫШЕНИЯ ПАССИВНОЙ БЕЗОПАСНОСТИ АВТОМОБИЛЕЙ

© 2011 И. Д. Эскин, Р. И. Алкеев, В. И. Сусликов

Самарский государственный аэрокосмический университет имени академика С.П. Королёва
(национальный исследовательский университет)

Предложены новые устройства для защиты автомобиля с четырех сторон, спереди, сзади и обоих боков, при аварийном столкновении автомобиля с препятствием. По сравнению с известными устройствами предлагаемые нами устройства универсальны – их можно поставить на все отечественные и зарубежные марки легковых автомобилей, они обладают очень высоким потенциалом рассеивающих свойств при гашении фронтального и бокового ударов. Способны при хороших «опорных» характеристиках автомобиля рассеивать до 80-100% кинетической энергии фронтального удара при краш-испытаниях на этот удар автомобиля массой 130÷150 кг.

Бамперное защитное устройство, кинетическая энергия удара, сила удара.

По приблизительным данным статистики на дорогах РФ за 1 год в ДТП погибают 33-35 тыс. человек и еще в шесть раз больше остаются травмированными.

Отсюда ясна актуальность выбранной нами задачи – повышения пассивной безопасности водителя и пассажиров при ДТП.

В настоящее время на ВАЗе имеется лаборатория пассивной безопасности, оборудованная по последнему слову техники для проведения краш-испытаний на фронтальный и боковой удары по стандартам организации EURO – NCAP, имеется и манекен Hybrid III, оборудованный всеми необходимыми датчиками.

За рубежом решение задачи пассивной безопасности автомобиля определяет конкурентоспособность этого автомобиля на рынке.

В мире используются две рейтинговые системы оценки пассивной безопасности водителя и пассажиров при аварии автомобилей – это рейтинги безопасности автомобилей по системе NCAP, публикуемые Национальной администрацией по безопасности дорожного движения США (National Highway Traffic Safety Administration – сокращенно NHTSA), пятизвездная система, и рейтинги по европейской системе EURO-NCAP (шестнадцатибалльная).

Согласно “звездной” методике NHTSA при фронтальном ударе пять звезд, полученных тестируемым автомобилем, означает, что опасность серьезного травмирования водителя и пассажиров составляет 10 %, четыре звезды – 10 – 20 %, три – 20 – 35 %, две

– 35 – 45 %, одна – свыше 45 %. При боковом ударе пять звезд означают опасность не выше 5 %, четыре – 5 – 10 %, три – 10 – 20 %, две – 20 – 25 %, одна – свыше 25 %.

Краш-тесты в США проводятся по более жестким правилам, чем в Европе. При фронтальном столкновении по стандартам NCAP автомобиль на скорости 35 миль в час врезается в бетонный барьер, обычно боковой, где сидит водитель, с 50 % - ным перекрытием лобовой части автомобиля. При боковом ударе в автомобиль врезается полутонна платформа на скорости 38,5 миль в час в переднюю, потом в заднюю часть автомобиля под углом 63 градуса.

По методике EURO – NCAP для вычисления рейтинга безопасности применяется балльная система оценок. За обеспечение травмобезопасности различных частей тела человека – головы, шеи, позвоночника, грудной клетки, рук, ступней, голеней, колен – назначается определенное количество баллов, конечно с учетом степени полноты обеспечения травмобезопасности, и в случае возможности какого-либо серьезного травмирования баллы снимаются. Максимальное число баллов при фронтальном ударе 16 соответствует обеспечению травмобезопасности водителя и пассажиров в салоне автомобиля при проведении краш-теста на фронтальный удар по стандарту EURO – NCAP.

Согласно стандарту EURO – NCAP краш-тест на фронтальный удар производится на скорости 64 км/ч при ударе на деформируемый упругий (сминаемый) барьер с

перекрытием 40 % (смещенный удар, когда автомобиль попадает на барьер частью передка со стороны водителя).

Типичное распределение энергии, потраченной на пластическую деформацию, по

элементам конструкции автомобиля при фронтальном ударе в жесткий барьер и скользящем ударе при краш-испытании представлено в табл. 1 [1].

Таблица 1. Типовое рассеивание энергии удара автомобилей среднего класса

Часть конструкции	Фронтальный удар		Скользящий удар	
	Затраты энергии, КДж	Затраты энергии в %	Затраты энергии, КДж	Затраты энергии в %
Вся модель	214,0	100	147,5	100
Колеса и шины	-	-	29,8	19,82
Рама	93,2	43,55	26,78	18,13
Бампер и его крепление	26,1	12,20	8,4	5,69
Двигатель и его крепление	23,0	10,75	16,11	10,90
Радиатор с рамкой	21,8	10,19	15,19	10,28
Передние стойки и двери	15,2	7,10	4,76	3,22
Пол	-	-	9,5	6,33
Капот	10,7	5,00	9,9	6,70
Крылья	9,8	4,58	10,06	6,81
Подвески	1,65	0,77	6,27	4,24
Прочие элементы	12,5	5,84	11,5	7,79

Из табл. 1 видно, что энергия удара гасится энергией пластической деформации всего автомобиля.

Это объясняется тем, что в настоящее время все легковые автомобили конструируются с использованием технологии MICS (Minimal Intrusion Cabin System - система минимального разрушения кабины), т.е. мягкий «передок» и жесткая кабина.

Бамперы последовательно включены в жесткостную систему автомобиля и ударная сила, действующая на бампер, полностью передается на кузов автомобиля.

Нами разработаны устройства, защищенные патентами Российской Федерации [2 - 5], для защиты автомобиля с четырех сторон, спереди и сзади – бамперные защитные устройства 1 (рис. 1,2), с обоих боков – пенальные защитные устройства 2 (рис. 3 - 5), при аварийном столкновении его с препятствием.

По сравнению с известными [6 - 8], предлагаемые нами устройства имеют следующие преимущества:

- их можно поставить на все отечественные и зарубежные марки легковых авто-

мобилей, как уже находящиеся в эксплуатации, так и вновь создаваемые;

- они обладают очень высоким потенциалом рассеивающих свойств при гашении фронтального и бокового ударов. Способны при хороших «опорных» характеристиках автомобиля рассеивать до 80-100% кинетической энергии фронтального удара при краш - испытаниях на этот удар автомобиля массой 130÷150 кг;

- они имеют такие габариты и вес, которые позволяют хорошо вписаться в экстерьер автомобиля;

- технология их изготовления не сложна как в случае массового, так и серийного и индивидуального производства;

- они обладают широким диапазоном настроек упругогистерезисных характеристик устройства даже без изменения технологической оснастки – штампов;

- они расчётны.

В качестве примера ниже приведен вариант конструктивного исполнения предлагаемого бамперного защитного устройства (рис. 1,2) для защиты легкового автомобиля спереди и сзади.

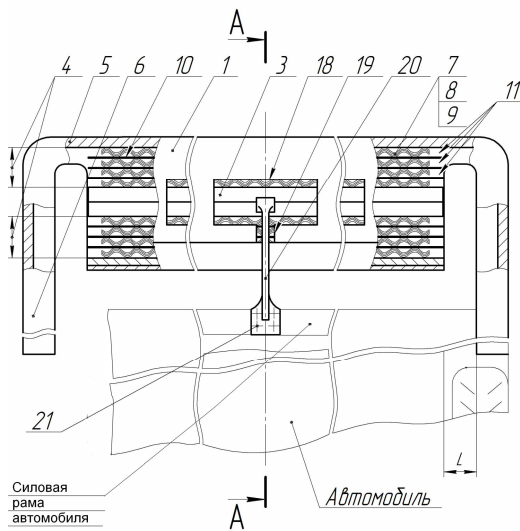


Рис. 1. Бамперное защитное устройство. Вид сверху

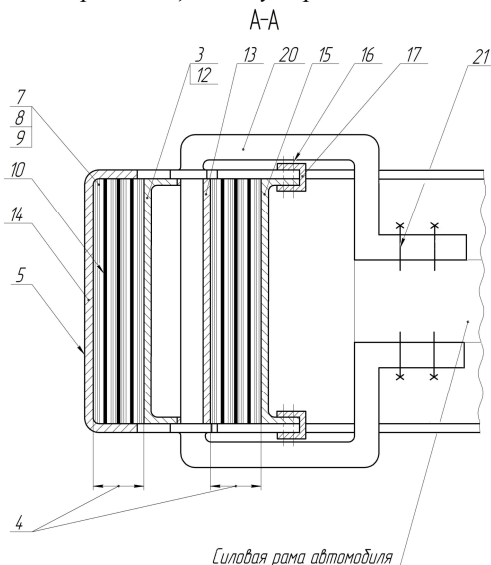


Рис. 2. Бамперное защитное устройство. Поперечный разрез

Предлагаемое бамперное защитное устройство 1 автомобиля (рис. 1,2) состоит из бампера 3, выполненного в виде прямой балки с коробчатым поперечным сечением, расположенного с боковыми зазорами 4 внутри корпуса 5, на длине бампера 3, имеющего также коробчатое поперечное сечение. Корпус 5 имеет отогнутые к автомобилю концы 6, имеющие швеллерное поперечное сечение.

В боковые зазоры 4 с натягом немного большим $0,5n_1f$, где n_1 - число гофрированных пакетов в боковом зазоре 4, f — остаточный выгиб гофра этих пакетов, вставлены многослойные, многопролетные пакеты 7, набранные из многослойных, многопролетных, гофрированных пакетов 8, в свою очередь набранных из шлифованных, каленых, стальных, омедненных, гофрированных лент

9 «гофр в гофр», и гладких лент 10, вставленных между гофрированными пакетами 8, на которые пакеты 8 опираются «вершина гофра к вершине гофра». Длина гладких лент 10 приблизительно равна длине бампера 3, а длина пакетов 8 такова, что на концах гладких лент 10, у бампера 3 и корпуса 5 имеются свободные участки 11, длина которых немного больше проскальзывания конца каждого из пакетов 8, относительно контактирующей с ним гладкой ленты 10 при полном выпрямлении пакетов 8 при фронтальном ударе.

Бампер 3 выполнен из двух балок 12 и 13 (рис. 2), соединенных сваркой, и корпус 5 выполнен из двух балок 14 и 15, соединенных заклепками 16 (на рис показаны условно). Для исключения возможности «выстреливания» заклепок 16 при ударе заклепочные швы закрыты накладками 17, приваренными к балкам корпуса 5.

В верхней и нижней полках корпуса 5 выполнены прямоугольные отверстия 18 с прорезями 19 (рис.1), через которые проходят скобы 20, приваренные к балке 13 бампера 3 (рис. 2).

Размер каждого отверстия 18 в направлении продольной оси автомобиля на $2l$ больше ответного размера опорной поверхности скобы 20, размер отверстия 18 в направлении продольной оси автомобиля на $2n_1f$ больше ответного размера опорной поверхности скобы 20.

Этим обеспечивается смещение корпуса 5 на величину l в направлениях, перпендикулярных продольной оси автомобиля, и на величину n_1f , равную полному выпрямлению последовательно соединенных пакетов 8 в направлениях вдоль продольной оси автомобиля даже при отсутствии пластических деформаций корпуса 5 и бампера 3.

Параметры пакетов 7 подобраны таким образом, чтобы при полном выпрямлении гофров пакетов 8 гасилось 50-80% кинетической энергии фронтального удара по автомобилю при краш - испытаниях на этот удар.

Бампер 3 скобами 20 и болтами 21 жестко крепится к силовой раме автомобиля (рис. 1,2).

Бамперное защитное устройство (см. рис. 1, 2), воспринимающее силу удара в 20 тс (значение амплитуды силы удара, воздей-

ствующее на автомобиль массой 150 кг при стандартных краш - испытаниях на фронтальный удар по системе EURO – NCAP) и рассеивающее в процессе первой фазы удара, когда сила удара возрастает, до 60 % кинетической энергии этого удара, вписывается в габариты, вполне приемлемые для любого легкового автомобиля: 300 мм (высота) × 200мм (ширина). Длина равна ширине автомобиля.

Если, кроме энергии, рассеиваемой при проскальзывании вершин гофров пакетов 8 по контактными поверхностям гладких лент 10, корпуса 5 и бампера 3, учесть энергию, рассеиваемую устройством за счет взаимного проскальзывания гофрированных лент 9 пакетов 8, то в случае расположения по одному пакету 8 с каждой стороны бампера 3 можно принять с большой степенью вероятности, что рассеянная устройством за счет работы сил сухого трения энергия составит 16% от кинетической энергии фронтального удара при краш-испытаниях автомобиля с массой 150 кг, при двух гофрированных пакетах 8 с каждой стороны бампера 3 – 32%, при трех - 48%, при четырех – 60 – 64% (рис. 1,2), что, по - видимому, следует считать очень хорошим результатом. Укажем, что количество рассеянной устройством кинетической энергии фронтального удара прямо пропорционально числу n_d двусторонних упруго-гистерезисных упоров в компоновке устройства. Каждые два пакета 8, симметрично расположенные относительно бампера 3, составляют один двусторонний упруго-гистерезисный упор.

При этом эти устройства при смещении корпуса 5 на величину l (при конструктивно приемлемой величине l) (рис.1) при боковом скользящем ударе в конец 6 корпуса 5 рассеют 25 – 30 % кинетической энергии составляющей этого удара, направленной перпендикулярно продольной оси автомобиля. В расчетной оценке было принято, что кинетическая энергия этой составляющей равна 1/3 от указанной выше кинетической энергии при краш-испытании на фронтальный удар легкового автомобиля среднего класса.

Полученный результат, по-видимому, также можно считать неплохим.

Предлагаемое пенальное защитное устройство 2, (рис.3,4,5) состоит из двух ступе-

нек 22, расположенных с обоих боков кузова автомобиля и собственно пенальных защитных устройств 23, соединенных шарнирно со ступеньками 22 и жестко закрепленных на днище автомобиля, на его силовой раме. Каждая ступенька 22 может быть шарнирно соединена с двумя, тремя и более пенальными защитными устройствами 23.

Термин «пенальное» введен авторами.

Ступеньки 22 обычно выполняют на всей длине между крыльями колес автомобиля.

Опорная поверхность ступенек 22 расположена немного ниже днища автомобиля, например на 1–2мм (рис. 4), и частично с небольшим перекрытием заходит под днище. Оси шарнирного крепления ступенек 22 (см. рис. 4) расположены вертикально без зазора в отверстиях в ушках 25, приваренных к ступенькам 22, и ответных отверстиях толкателей 26 пенальных защитных устройств и закреплены корончатыми гайками 27 и шпильками 28.

Каждое пенальное защитное устройство 23 состоит из корпуса 29 с П-образным поперечным сечением с фланцами 30 (рис. 5), жестко соединенного с основанием 31 заклепками 32 и дополнительно по длине фланцев приваренного к основанию 31 торцовыми швами. Внутри корпуса 29 (рис. 3,4) толкателя 26 размещены омедненные гладкие стальные калёные шлифованные ленты 33, по несколько штук с каждой стороны толкателя 26, и два многослойных гофрированных пакета 34, размещенных с натягом по вершинам гофров, большим остаточного выгиба гофров.

Каждый гофрированный пакет 34 набран «гофр в гофр» из омедненных, стальных, каленых, шлифованных, гофрированных лент 36, а сами пакеты 34 опираются на гладкие ленты 33 «вершина гофра к вершине гофра».

Толкатель 26 по длине разделен на отдельные части 37 (рис. 4,5) и число частей 37, их длины и расстояния между частями определяются из условия обеспечения требуемых характеристик пенального защитного устройства $E(s)$ и $T(s)$, где E – рассеиваемая устройством энергия, T – равнодействующая сил трения, действующая на сместившиеся части 37 толкателя 26, s – текущее значение смещения первой части 37 толкателя 26.

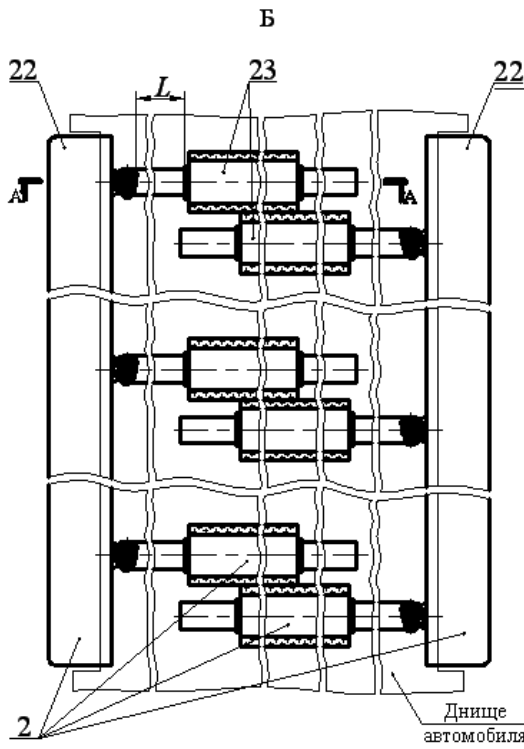


Рис. 3. Пенальное защитное устройство.
Вид Б на рис. 4

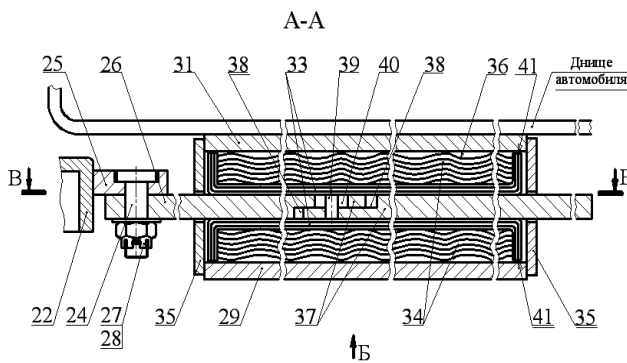


Рис. 4. Пенальное защитное устройство.
Разрез по А-А на рис. 3

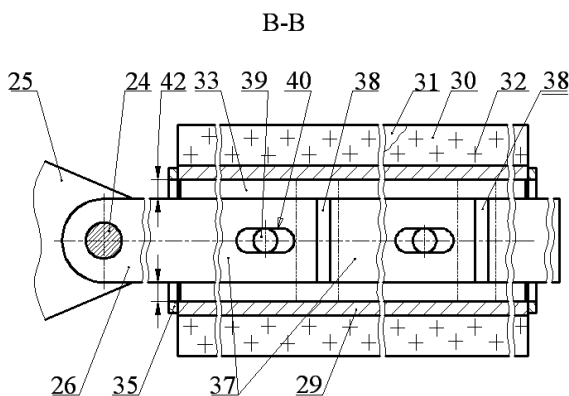


Рис. 5. Пенальное защитное устройство.
Разрез по В-В на рис. 4

Стыки частей 37 толкателя 26 расположены под впадинами гофров, опирающихся на гладкие ленты 33, а расстояние между

ответными торцами частей 37 толкателя 26 меньше половины пролета гофров. Сами щели 38 между ответными торцами стыкуемых частей 37 расположены под теми половинами пролета гофра, которые дальше вдоль оси толкателя 26 от места шарнирного соединения его со ступенькой 22.

Части 37 толкателя 26 соединены шарнирно друг с другом, причем ось 39 шарниров, запрессованная в одну стыкуемую часть 37, расположена в середине паза 40 другой стыкуемой части 37 толкателя 26 и размер паза 40 вдоль оси толкателя больше диаметра оси 39 на один пролет гофра.

Концы 41 (рис.4) гладких лент 33 отогнуты к пакетам 34, а количество гладких лент 33 с каждой стороны толкателя 26 выбирается из условия, что величина выдавливания гладких лент в щель 38 между стыкуемыми частями 37 толкателя 26 при его вытягивании из корпуса и попадании вершины гофра, опирающегося на гладкие ленты, в середину этой щели, была такой, чтобы не происходило «заклинивания» толкателя 26 при ударе.

Первая часть 37 толкателя 26 выступает из корпуса 29 на величину, равную ходу толкателя l и длину шарнирного крепления толкателя к ступеньке 22 (рис. 3,4), и длина участка этой части 37, на который опираются гофры, кроме всего прочего (параметров гофра, толщины и количества гофрированных лент пакета 34, величины натяга по вершинам гофра) выбирается из условия обеспечения такого перекоса ступеньки при приложении вертикальной нагрузки в 1200Н к краю ступеньки, который бы не портил комфорта посадки водителя и пассажиров в автомобиль.

В крышках 35 выполнены отверстия для выхода первой и последней частей 37 толкателя 26. Последняя часть 37 толкателя 26 так же выступает из корпуса 29 на величину

$$L - \frac{t - D}{2}(m - 1),$$

где L – ход толкателя (рис. 3), t – длина паза 40 (см. рис. 5), D – диаметр пальца 39 и m – число частей 37 толкателя 26, чем обеспечивается сохранение контакта (опирания) вершин гофров на последнюю часть 37 при вытягивании толкателя 26 из корпуса 29 на ход

L , что возможно при ударе в один из концов ступеньки 22.

Участок этой части, на который опираются гофры, больше хода L на несколько пролетов гофров. Это сделано для того, чтобы при наибольшем смещении толкателя 26 на величину хода L последняя его часть 37 не выпадала из пенального устройства.

Предложено также комбинированное защитное устройство, состоящее из шарнирно соединенных, бамперного защитного устройства 1 и пенальных устройств 23 (рис. 6,7). На фигурах для простоты изображена компоновка комбинированного защитного устройства с бамперным защитным устройством 1 с одним двусторонним упругогистерезисным упором. Пенальные защитные устройства 2 жестко закреплены на силовой раме автомобиля.

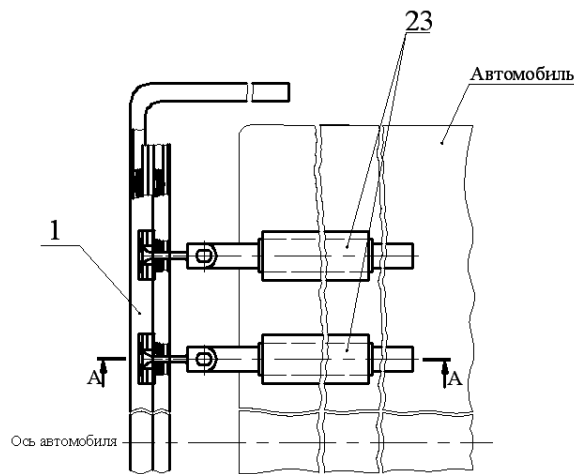


Рис. 6. Комбинированное защитное устройство

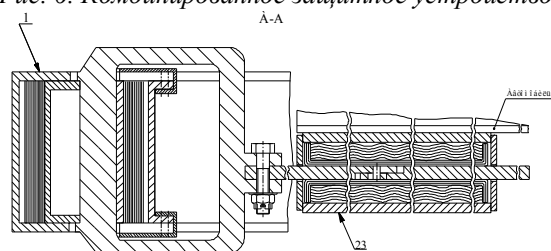


Рис. 7. Комбинированное защитное устройство.
Разрез по А-А на рис. 6

Величина боковых зазоров 42 между боковыми сторонами толкателя 26 (рис. 5) и стенками корпуса 29 и отверстий в крышках 35 в этом случае может быть увеличена и подбирается из условия обеспечения возможно лучших демпфирующих свойств комбинированного бамперного защитного устройства при косом или боковом ударе в него

и невозможности заклинивания частей 37 при ударах.

В случае применения бамперного защитного устройства 1 с четырьмя – пятью двусторонними упругогистерезисными упорами комбинированное защитное устройство, по нашим предварительным оценкам, способно рассеять до 80 – 100 % кинетической энергии фронтального удара при краш-испытании автомобиля массой 150кг.

В этом варианте предлагаемого защитного устройства бамперное защитное устройство последовательно соединено с пенальными защитными устройствами. При постановке этого защитного устройства на автомобиль его внешний вид может измениться мало, т.к. внешний вид бамперного защитного устройства мало отличается от внешнего вида штатного бампера автомобиля, а пенальные защитные устройства скрыты под днищем автомобиля.

Кроме того, по нашим оценкам это устройство обеспечивает увеличение длительности первого размаха системы «упругий упор – защитное устройство – автомобиль» при краш-испытании на фронтальный удар, когда растет сила удара примерно в полтора раза за счет увеличения смещения корпуса 5 бамперного устройства 1 (за счет «длинноходовости» комбинированного защитного устройства), и следовательно, снижение примерно во столько же раз амплитуды силы удара на первом размахе.

Рассмотренные преимущества предлагаемых устройств позволили поставить амбициозные задачи: при постановке предлагаемых защитных устройств на автомобили, находящиеся в эксплуатации (отечественные), поднять их балльность по системе EURO NCAP с 2 - 4 до 7 – 10 баллов (как у хорошей иномарки), а при постановке их на вновь создаваемые (как отечественные, так и зарубежные) автомобили достичь максимума балльной оценки – 16 баллов.

При краш - испытаниях кинетическая энергия удара тратится не только на работу сил сухого трения, но и на создание потенциальной энергии упругой деформации упругого упора, деталей защитного устройства и автомобиля и на энергию, затрачиваемую на пластические деформации этих деталей. Поэтому наличие высокого потенциала

демпфирующих свойств у предлагаемых защитных устройств – способности рассеять 100% кинетической энергии удара при краш-испытаниях на фронтальный удар легкового автомобиля среднего класса только за счет работы сил сухого трения на контактных поверхностях защитного устройства, позволяет утверждать, что предложенные защитные устройства будут эффективны и на скоростях больше скорости краш-испытания на фронтальный удар, и мы надеемся, что широкое внедрение предлагаемых устройств уменьшит количество летальных исходов при ДТП.

Нами разрабатывается методология расчета предлагаемых устройств, которая позволит не только определять расчетом потребные конструктивные параметры защитных устройств и их эффективность, но в случае наличия МКЭ – модели (конечно-элементной модели) автомобиля построить в 3D картину аварийного столкновения автомобиля.

Библиографический список

1. <http://www.cheat.ru/lex2.html>
2. Пат. на полезную модель №78463 РФ, МПК В60R 19/00. Защитное устройство повышающее безопасность водителя и

пассажиров при аварии автомобиля [Текст]/ И.Д. Эскин, Р.И. Алкеев; опубл. 10.07.2008, Бюл. №33.

3. Пат. на полезную модель №79845 РФ, МПК В60R 19/00. Защитное устройство повышающее безопасность водителя и пассажиров при аварии автомобиля [Текст]/ И.Д. Эскин, Р.И. Алкеев; опубл. 15.09.2008, Бюл. №2.

4. Пат. на полезную модель №82171 РФ, МПК В60R 19/00. Пенальное защитное устройство для повышения безопасности водителя и пассажиров при аварии автомобиля [Текст]/ И.Д. Эскин, Р.И. Алкеев; опубл. 20.04.2009, Бюл. №11.

5. Пат. на полезную модель №84791 РФ, МПК В60R 19/00. Устройство повышающее уровень защиты от травматизма водителя и пассажиров [Текст] / И.Д. Эскин, Р.И. Алкеев; опубл. 20.07.2009, Бюл. №20.

6. Canadian patent application CA 25713902 A1 2006/11/23. Bumper with crush cones and energy absorber/ Evans, Darin, US.

7. United States Patent №US6,755,452 B2, Jun. 29,2004. Energy absorption unit/Peter J, Cate.

8. Canadian patent application CA2485712 A1 2003/12/18. Bumper with integrated energy absorber and beam./ Evans, Darin, US.

PROTECTION DEVICES FOR IMPROVING PASSIVE SAFETY OF AUTOMOBILES

© 2011 I. D. Eskin, R. I. Alkeev, V. I. Suslikov

Samara State Aerospace University named after academician S.P. Korolyov
(National Research University)

We have developed protection devices certified by patents [1], [2], [3], [4] of the Russian Federation, for side-way protection of an automobile: front, rear and on both sides in an accident crash. Compared with known devices [5], [6], [7], the suggested protection devices can be installed into all home-produced and foreign automobiles. The devices possess high dissipative ability at damping frontal and lateral crash impact. Provided that the automobile has good contact performances, these protection devices are able to dissipate approximately 80-100% of kinetic energy of a frontal impact in a front crash-test of a 130-150kg automobile.

Bumping protection device, kinetic impact energy, impact force.

Информация об авторах

Эскин Изольд Давидович, кандидат технических наук, научный сотрудник, Самарский государственный аэрокосмический университет имени академика С.П. Королёва (национальный исследовательский университет). Тел.: (846) 267-45-11. E-mail: eskinid_33@mail.ru. Область научных интересов: конструкционное демпфирование, динамика и прочность.

Алкеев Руслан Иванович, ассистент кафедры инженерной графики, Самарский государственный аэрокосмический университет имени академика С.П. Королёва (национальный исследовательский университет). Тел.: (846) 267-45-11. E-mail: ruruslan@hotmail.ru. Область научных интересов: конструкционное демпфирование, динамика и прочность.

Сусликов Виктор Андреевич, кандидат технических наук, доцент кафедры конструкции и проектирования двигателей летательных аппаратов, Самарский государственный аэрокосмический университет имени академика С.П. Королёва (национальный исследовательский университет). Тел.: (846) 950-05-04. E-mail: viktorsuslikov37@mail.ru. Область научных интересов: конструкционное демпфирование, динамика и прочность.

Eskin Izold Davidovich, Candidate of Science, Senior Lecturer, laboratory research engineer, Samara State Aerospace University named after academician S.P. Korolyov (National Research University). Phone: (846) 267-45-11. E-mail: eskinid_33@mail.ru. Area of research: construction dumping, dynamics and strength research.

Alkeev Ruslan Ivanovich, Research Assistant of Engineering Drawing Department, Samara State Aerospace University named after academician S.P. Korolyov (National Research University). Phone: (846) 267-45-11. E-mail: ruruslan@hotmail.ru. Area of research: construction dumping, dynamics and strength research.

Suslikov Viktor Ivanovich, Candidate of Science, Senior Lecturer, Aircraft Design and Construction Department, Samara State Aerospace University named after academician S.P. Korolyov (National Research University). Phone: (846) 950-05-04. E-mail: viktorsuslikov37@mail.ru. Area of research: construction dumping, dynamics and strength research.