

## МАШИНОСТРОЕНИЕ И ТРАНСПОРТ

УДК 656.113; 629.113  
DOI: 10.12737/16972

С.Г. Бишутин, М.С. Дашунина

### СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ СИСТЕМЫ ПАССИВНОЙ БЕЗОПАСНОСТИ ЛЕГКОВОГО АВТОМОБИЛЯ ПРИ ФРОНТАЛЬНОМ СТОЛКНОВЕНИИ С ГРУЗОВЫМ ТРАНСПОРТНЫМ СРЕДСТВОМ

Приведено описание оригинальной конструкции устройства, снижающего тяжесть последствий фронтального столкновения легкового автомобиля с грузовым транспортным средством. Представлены научно обоснованная методика и

результаты расчета основных параметров данного устройства.

**Ключевые слова:** устройство пассивной безопасности, легковой автомобиль, фронтальное столкновение, грузовое транспортное средство.

S.G. Bishutin, M.S. Dashunina

### PASSIVE CAR SAFETY SYSTEM UPDATING AT HEAD-ON COLLISION WITH LORRY

At emergency brake application before collision a car clearance decreases considerably, a car front side comes lower and actually does not participate in blow energy absorption. A car "dives under" a lorry and almost all blow energy falls to the roof and windshield posts which do not figure on the perception of such a load that often results in fatal consequences.

To reduce weight of consequences after such a collision there was developed a design for a passive car safety. The device consists of a ring pneumatic cylinder which is situated round a front shock strut next the upper bearing of a shock absorber and connected with a squib. It is intended for lifting and car body fixation

along the height before a collision with a lorry. There are two such devices installed in a motor car, with one for each front wheel. It is not difficult to make this device there is no need in essential changes in the car design. It can be installed in any car with front posts of the type «macferson».

The offered device is integrated in the general system of a car passive safety and at unavoidable head collision with a lorry is activated by means of a squib explosion.

**Key words:** life-saving device, car, head-on collision, lorry.

Автомобильный транспорт является самым небезопасным из всех доступных человеку видов транспорта. Дорожно-транспортные происшествия (ДТП) ставят его на первое место по числу погибших и пострадавших. Поэтому автопроизводители при разработке конструкции автомобиля уделяют большое внимание его безопасности [1; 2].

Фронтальное (лобовое) столкновение легкового автомобиля с грузовым транспортным средством – тяжелый и опасный вид ДТП, на долю которого, приходится в среднем от 30 до 50% всех происшествий [1]. При данном виде ДТП последствия намного тяжелее, чем при столкновении двух легковых автомобилей. Связано это с тем, что силовая структура кузова легкового автомобиля обычно расположена в

нижней его части, а высота бампера грузового автомобиля заметно превышает высоту бампера легкового автомобиля. В результате лонжероны кузова не участвуют в поглощении энергии удара, так как удар приходится выше них.

Анализируя данный вид ДТП и его последствия, можно установить следующий механизм его реализации. При экстренном торможении клиренс легкового автомобиля существенно уменьшается, передняя часть автомобиля становится ниже и практически не участвует в поглощении энергии удара. Легковой автомобиль «подныривает» под грузовой (рис. 1), и почти вся энергия удара приходится на крышу и стойки лобового стекла, не рассчитанные на восприятие такой нагрузки.

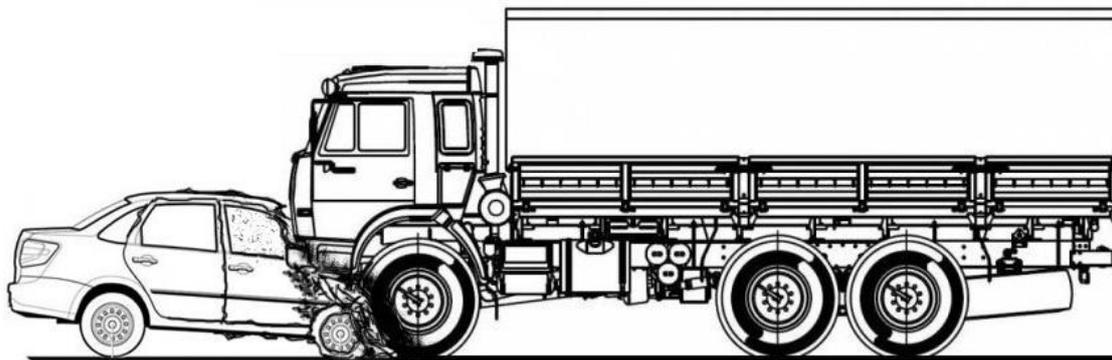


Рис. 1. Фронтальное столкновение легкового автомобиля с грузовым транспортным средством

Анализ существующих систем пассивной безопасности показал, что в настоящее время отсутствуют конструктивные решения в области автомобилестроения, которые бы снижали тяжесть последствий рассматриваемого вида ДТП. Данное исследование направлено на разрешение сложившейся ситуации и является актуальным.

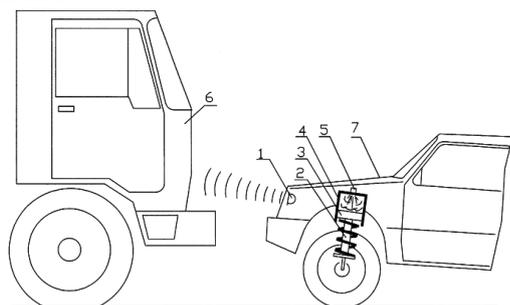


Рис. 2. Система пассивной безопасности легкового автомобиля [3]

Исполнительное устройство подъема кузова состоит из пневмоцилиндра, поршень которого является верхней опорой стойки передней подвески автомобиля. В пневмоцилиндр ввернут пиропатрон. Таких пневмоцилиндров на автомобиле установлено два, по одному на каждое переднее колесо. В передней части автомобиля установлен датчик дистанции, связанный с электронным блоком управления. Работает устройство следующим образом.

Известно изобретение «Безопасный легковой автомобиль» [3], относящееся к пассивной безопасности легковых автомобилей. Его суть заключается в следующем. При критическом уменьшении дистанции датчики оценивают высоту препятствия, и в том случае, если она соответствует высоте грузового автомобиля или автобуса, включается система принудительного подъема передней части кузова легкового автомобиля (рис. 2).

В исходном состоянии давление в пневмоциindre 4 отсутствует, поршень 3 занимает верхнее положение. При критическом сближении с препятствием 6 по сигналу от датчика 1 срабатывает пиропатрон 5, давление в пневмоциindre резко повышается, поршень идет вниз и поднимает кузов 7 относительно стойки подвески 2. Для оценки размера препятствия возможно использование датчика с широким сектором излучения (например, радиолокационного). В этом случае размер препятствия определяется по интенсивности отраженного сигнала с учетом расстояния до него.

Для реализации данного изобретения на практике необходимо разработать конструкцию устройства пассивной безопасности легкового автомобиля. Один из предложенных вариантов конструкции представлен на рис. 3.

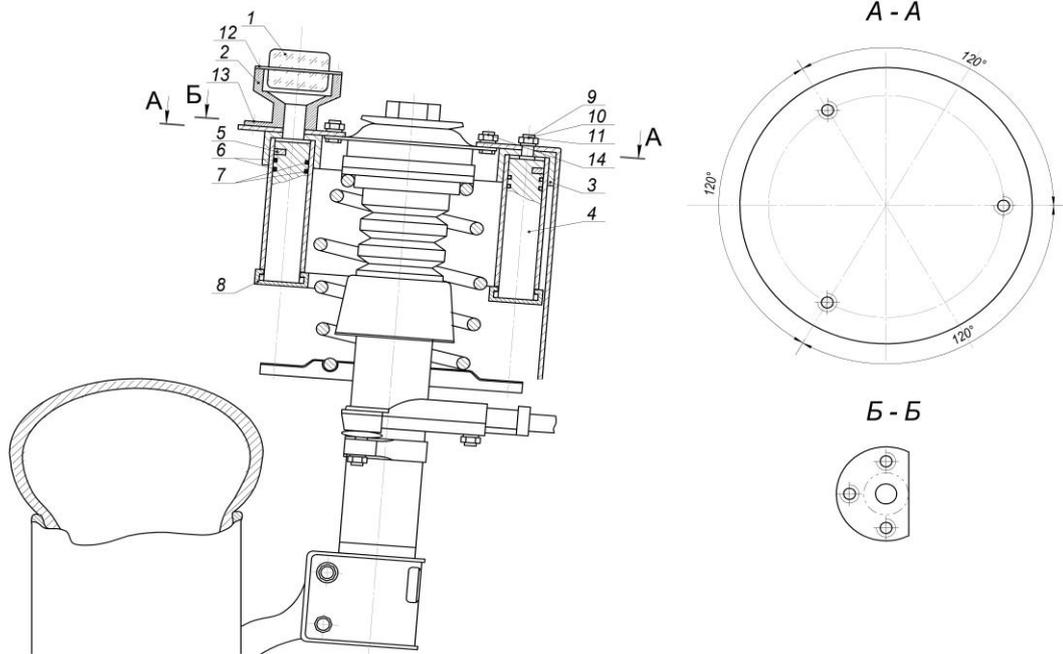


Рис. 3. Конструкция устройства пассивной безопасности легкового автомобиля:

1 – пиропатрон; 2 – держатель; 3 – корпус кольцевого пневмоцилиндра; 4 – шток пневмоцилиндра; 5 – пружинное кольцо; 6, 7 – уплотнительные кольца; 8 – заглушка; 9-14 – детали крепления

Устройство состоит из кольцевого пневмоцилиндра, который соединен с пиропатроном 1. Кольцевой пневмоцилиндр расположен у верхней опоры амортизатора и состоит из корпуса 3, штока 4, четырех уплотнительных колец 6 и 7, одного пружинного кольца 5 и заглушки 8. Устройство несложно изготовить, не требуется существенных изменений конструкции автомобиля, что является одним из главных положительных качеств. Его можно уста-

новить в любой легковой автомобиль с передними стойками типа «макферсон», не внося существенных конструктивных изменений. При этом устройство не мешает передней подвеске выполнять свои функции и не меняет её параметры.

Действие разработанного устройства можно разделить на несколько этапов (рис. 4).

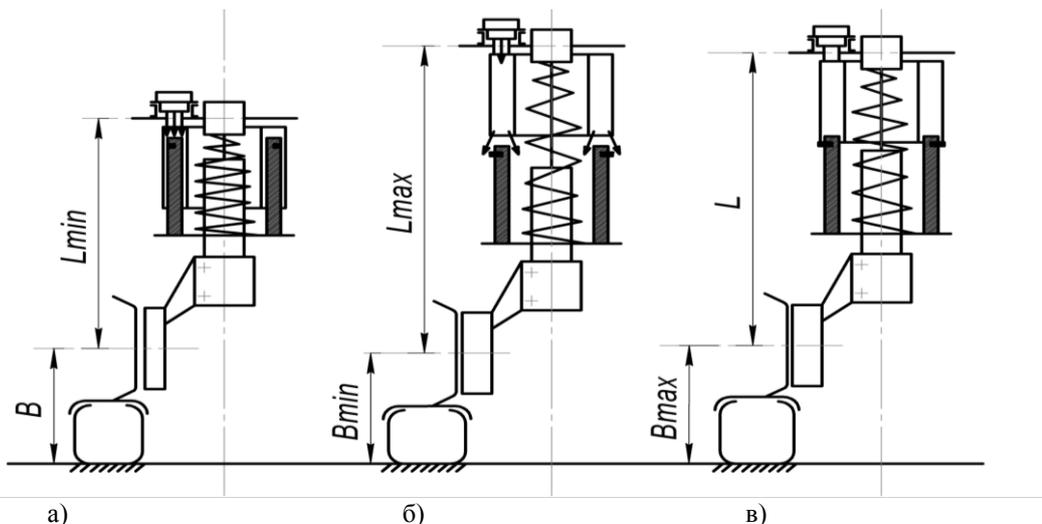


Рис. 4. Этапы действия разработанного устройства пассивной безопасности легкового автомобиля: а – 1-й этап (начало торможения, срабатывание пиропатрона); б – 2-й этап (максимальный подъем кузова); в – 3-й этап (фиксация амортизационной стойки, начало столкновения)

Первый этап приходится на начало торможения легкового автомобиля при обнаружении препятствия водителем. В этот момент датчики определения расстояния до препятствия и его размера, установленные на кузове легкового автомобиля, подают сигнал в электронный блок управления, а он, в свою очередь, передает команду на воспламенение пиропатрона. Пиропатрон соединен с кольцевым пневмоцилиндром, который размещен вокруг передней амортизационной стойки автомобиля. При этом под действием сил инерции пружина амортизатора и сам амортизатор максимально сжаты. Динамический радиус колеса равен величине  $B$ , а величина  $L$  (расстояние от центра колеса до верхней опоры амортизатора) имеет минимальное значение.

Второй этап включает в себя выпуск пиропатроном газа в кольцевой пневмоцилиндр. При этом под действием сжатых газов поршень выталкивается из пневмоцилиндра, амортизатор работает на отбой, кузов легкового автомобиля поднимается на максимальную величину  $L_{\max}$ . Динамический радиус колеса принимает свое минимальное значение  $B_{\min}$  из-за дополнительной деформации шины под действием устройства.

Третий этап происходит непосредственно перед столкновением. Он включает в себя фиксацию пневмоцилиндра и амортизационной стойки соответственно вследствие срабатывания пружинного кольца. При этом достигается величина  $L$ , достаточная для того, чтобы легковой автомобиль не «подныривал» под грузовой и более эффективно поглощал энергию удара. Динамический радиус колеса принимает максимальное значение  $B_{\max}$  вследствие прекращения действия устройства.

Методика проектирования рассматриваемого устройства пассивной безопасности включает следующие основные этапы:

1. Расчет длины  $l$  поршня пневмоцилиндра.

$$l = H_C + V,$$

где  $H_C$  – максимальный ход сжатия передней подвески автомобиля;  $V$  – расстояние

от торца поршня до начала канавки фиксирующего кольца (рис. 5).

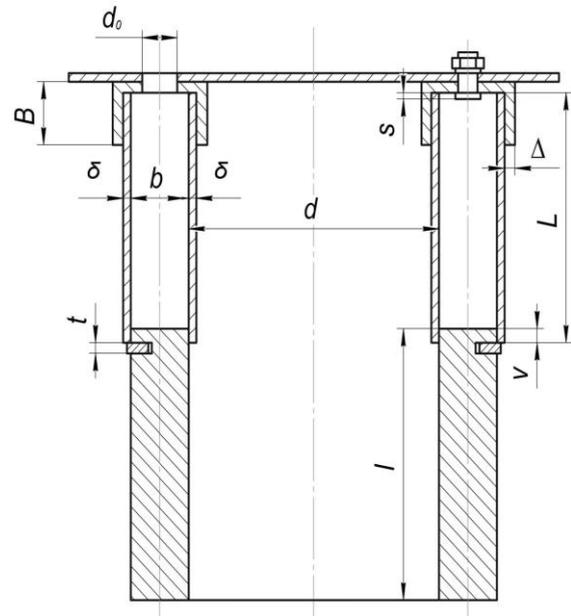


Рис. 5. Схема кольцевого пневмоцилиндра устройства пассивной безопасности

2. Расчет длины  $L'$  пневмоцилиндра.

$$L' = l + s,$$

где  $s$  – толщина головки крепежного болта.

3. Определение минимального диаметра  $d$  пневмоцилиндра.

$$d = d_{\max} + 2\Delta + 2\Delta_3,$$

где  $\Delta$  – толщина основания пневмоцилиндра;  $d_{\max}$  – максимальный диаметр пружины амортизационной стойки;  $\Delta_3$  – гарантированный зазор между пружинной подвески и пневмоцилиндром.

4. Расчет толщины  $b$  стенки поршня пневмоцилиндра.

$$b = \frac{N}{\pi p},$$

где  $N$  – максимальное усилие, преодолеваемое поршнем для подъема кузова в процессе экстренного торможения легкового автомобиля ( $N = 5000 \dots 10000$  Н [4]);  $p$  – давление газов в пневмоцилиндре ( $p = 2 \dots 3$  МПа [5]).

5. Определение толщины  $\delta$  стенки пневмоцилиндра из условия её прочности под действием внутреннего давления газов (по Г. Ляме).

$$\delta \approx \frac{pd}{2[\sigma]},$$

где  $[\sigma]$  – допустимое напряжение материала стенки пневмоцилиндра.

6. Определение толщины  $t$  пружинного кольца из условия прочности на срез.

$$t = \frac{N}{\pi(d + b + \delta)[\tau_{cp}]},$$

где  $[\tau_{cp}]$  – допустимое напряжение на срез материала пружинного кольца.

7. Расчет времени  $T_c$  срабатывания пневмоцилиндра.

$$T_c = \frac{(2db + b^2)L}{d_0^2 V_r} \leq t_0,$$

где  $d_0$  – диаметр канала для поступления газов в пневмоцилиндр;  $V_r$  – скорость перемещения газов (при  $p = 2 \dots 3$  МПа  $V_r = 300 \dots 400$  м/с [5]);  $t_0$  – время срабатывания тормозных механизмов автомобиля.

8. Расчет длины  $B$  соединения с натягом.

$$B = \frac{F_T}{\pi d p_1 f},$$

где  $F_T$  – сила трения поршня о стенки пневмоцилиндра ( $F_T = 150 \dots 200$  Н [6]);  $f$  – коэффициент трения в соединении;  $p_1$  – давление на контактирующих поверхностях ( $p_1 = 0,1 \dots 0,2$  МПа [6]).

9. Проверочный расчет на прочность основания пневмоцилиндра.

$$\frac{p_1 d}{2\Delta} \leq [\sigma_1],$$

где  $[\sigma]$  – допустимое напряжение материала основания пневмоцилиндра.

10. Проверочный расчет на прочность крепления пиропатрона.

$$\frac{\pi d_1^2}{4n_6} p \leq [F],$$

где  $d_1$  – диаметр полости, в которую поступает газ из пиропатрона;  $[F]$  – максимальная допустимая нагрузка на болт крепления пиропатрона;  $n_6$  – число крепежных болтов.

Результаты расчетов по приведенной методике представлены в таблице.

Таблица

Значения основных параметров устройства пассивной безопасности

Параметр	Минимальное значение	Максимальное значение
$l$ , мм	105	150
$L$ , мм	107	155
$d$ , мм	100	170
$b$ , мм	8	10
$t$ , мм	0,25	0,50
$\delta \approx \Delta$ , мм	1,5	2,5
$T_c$ , с	0,07	0,10
$B$ , мм	15	30

Примечания: 1. Значения получены применительно к деталям из конструкционных углеродистых сталей.  
2. В расчетах использовались параметры подвесок легковых автомобилей классов «В» и «С».

Предложенное устройство интегрируется в общую систему пассивной безопасности легкового автомобиля, содержащую блок управления. Одна из задач блока управления состоит в том, чтобы при неизбежном фронтальном столкновении с грузовым транспортным средством привести в действие разработанное устройство. Для определения размера препятствия при столкновении устанавливаются два радиолокационных датчика либо

четыре разнонаправленных лазерных. Только после обработки данных всех датчиков блок управления определяет необходимость срабатывания компонентов системы и отправляет сигнал непосредственно на пиропатроны пневмоцилиндров устройств пассивной безопасности.

Применение разработанного устройства пассивной безопасности на легковых автомобилях позволит существенно уменьшить тяжесть последствий фрон-

ТАЛЬНЫХ СТОЛКНОВЕНИЙ С ГРУЗОВЫМИ АВТО-

МОБИЛЯМИ.

### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Гудков, В.А. Безопасность транспортных средств (автомобили): учеб. пособие/В.А. Гудков [и др.]. – М.: Горячая линия -Телеком, 2010. – 431 с.
2. Бишутин, С.Г. Сертификация в сфере автомобильного транспорта: учеб. пособие/С.Г. Бишутин; под ред. С.П. Сазонова. – Брянск: БГТУ, 2012. – 100 с.
3. Куваев, В.Я. Безопасный легковой автомобиль/ В.Я. Куваев//Изобретения. Полезные модели. – 2005. – Бюл. №21.

1. Gudkov, V.A., *Vehicle Safety (cars): textbook/ V.A. Gudkov [at alii]*. –M.: Hot line – Telecom, 2010.- pp. 431.
2. Bishutin, S.G., *Certification in Field of Vehicle: textbook/ S.G. Bishutin; under the Editorship of S.P. Sazonov*. – Bryansk: BSTU, 2012, - pp. 100.
3. Kuvaiev, V.Ya., *Wreck-resistant motor car/ V.Ya. Kuvaiev//Inventions. Utility Model*. – 2005. – Bull. No 21.
4. Vakhlamov, V.K., *Motor Vehicles: Design and Operating Properties: textbook/ V.K. Vakhlamov*. – M.: Academy, 2009. – pp. 479.

4. Вахламов, В.К. Автомобили: конструкция и эксплуатационные свойства: учеб. пособие/В.К. Вахламов. – М.: Академия, 2009. – 479 с.
5. Бондарчук, С.С. Газодинамический анализ в airbag-газогенераторах с пористым зарядом/ С.С.Бондарчук, О.А. Кондратова // Вестник ТГПУ. – 2003. – №4. – С. 31-35.
6. Крайнев, А.Ф. Конструирование машин: справ.-метод. пособие: в 2 т./ А.Ф. Крайнев, А.П. Гусенков, В.В. Болотин [и др.]; под ред. К.В. Фролова. – М.: Машиностроение, 1994. – Т.2. – 624 с.

5. Bondarchuk, S.S., *Gas-dynamic analysis in airbag-gas generators with porous charge/ S.S. Bondarchuk, O.A. Kondratieva// Bulletin of TSPU*. - 2003. – No 4. pp. 31-35.
6. Krainev, A.F., *Machine Designing: Reference Book: in 2 Vol./ A/F/ Krainev, A.P. Gusenkov, V.V. Bolotin [et alii]; under the Editorship of K.V. Frolov*.- M.: Mashinostroenie (Mechanical Engineering), 1994.- Vol.2. pp. 624.

*Материал поступил в редколлегию  
29.06.15.*

*Рецензент: д.т.н., профессор  
Брянского государственного технического  
университета А.В. Киричек*

### Сведения об авторах:

**Бишутин Сергей Геннадьевич**, д. т. н., профессор кафедры «Автомобильный транспорт» Брянского государственного технического университета, тел.: (4832) 58-82-74.

**Bishutin Sedrgey Gennadievich**, D.Eng., Prof. of the Dep. «Motor Transport» Bryansk State Technical University, Phone: (4832) 58-82-72.

**Дашунина Мария Сергеевна**, студентка кафедры «Автомобильный транспорт» Брянского государственного технического университета, тел.: (4832) 58-82-74.

**Dashunina Maria Sergeevna**, Student of the Dep «Motor Transport», Bryansk State Technical University, Phone: (4832) 58-82-74.