



УДК 656.13

© А. Л. Севостьянов, Ю. В. Семикопенко, Е. А. Новописный, 2012

## ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ДАННЫХ О КОНСТРУКТИВНЫХ ОСОБЕННОСТЯХ БАМПЕРА ПРИ ПРОИЗВОДСТВЕ ДОРОЖНО-ТРАНСПОРТНОЙ ЭКСПЕРТИЗЫ

*Севостьянов А. Л.* – канд. тех. наук, доцент, директор Института транспорта, тел. (4862) 73-43-60, e-mail: it@ostu.ru (УНПК); *Семикопенко Ю. В.* – канд. тех. наук, доцент кафедры «Организация и безопасность движения», тел. (4722) 30-99-01 (доб. 14-46), e-mail: obdd@intbel.ru; *Новописный Е. А.* – асп. кафедры «Организация и безопасность движения», тел. (4722) 30-99-01 (доб. 14-46), e-mail: nwrite@yandex.ru (БГТУ)

Бампер является первым элементом конструкции автомобиля, который взаимодействует с препятствием. Его усилитель предназначен для поглощения энергии при столкновении. Использование данных о его деформациях позволит значительно повысить точность при расчете скорости столкновения. В данной работе анализируется влияние изменения толщины усилителя на распределение деформаций в конструкции.

The bumper is the first element of the car design to interact with an obstacle. Its amplifier is intended for energy absorption at the collision. Use of data about its deformations will allow one to improve the calculation accuracy of collision speed considerably. The work analyses the influence of the amplifier thickness on the distribution of deformations in the construction.

*Ключевые слова:* бампер, деформации, расследование дорожно-транспортных происшествий.

При расследовании дорожно-транспортных происшествий (ДТП) одним из основных вопросов, который необходимо решить для дальнейшего анализа дорожно-транспортной ситуации, является определение скорости движения транспортных средств (ТС) непосредственно перед ДТП.

В настоящее время методики, используемые в экспертной практике, позволяют определить скорость движения транспортных средств путем расчета энергии, затрачиваемой на образование следов юза колес при торможении и при боковом скольжении транспортных средств; на перемещение транспортных средств после столкновения и другие. Однако существующие методики предусматривают определение минимальных значений скоростей движения транспортных средств, которые могут значительно отличаться от реальной ситуации, предшествующей дорожно-транспортному происшествию. Кроме

того, при отсутствии следовой информации определить даже приблизительно значение скорости транспортных средств перед ДТП традиционно используемыми методами не представляется возможным – не учитываются затраты кинетической энергии движущихся транспортных средств на деформацию их конструкций и иных препятствий. Ошибка расчета скоростей столкнувшихся транспортных средств существенно возрастает с ростом деформаций. Однако несомненным достижением традиционной методики является база нормативных значений параметров торможения транспортных средств и психофизических значений времени реакции водителей для различных ситуаций, широко используемых в судебной и следственной практике.

Вследствие естественного процесса дифференциации знаний достижения современной вычислительной механики в части как расчетов затрат энергии на деформацию конструкций, так и расчетов формоизменения конструкций под действием нагрузок не были замечены разработчиками традиционной методики. Эти достижения и не могли быть замечены, так как развитие вычислительной техники значительно отставало от развития механики, стоимость производства подобных наукоемких расчетов была высока, и они производились, как правило, для нужд оборонного комплекса. Только с появлением современного поколения быстродействующих компьютеров стало реальным широкое использование методов вычислительной механики для реконструкции обстоятельств ДТП.

Известен также способ установления скоростей движения транспортных средств в момент их столкновения, который включает: определение суммарных затрат, состоящих из действия сил сопротивления перемещениям автомобилей в процессе их отбрасывания после столкновения, и сил деформации и разрушения транспортных средств в момент столкновения, установление величин начальных линейных скоростей отбрасывания, по которым находят искомые скорости. Недостатком этого способа является то, что при определении работы деформаций транспортных средств как совокупности работ деформаций их отдельных поврежденных деталей игнорируется конструкционная прочность и твердость каждого столкнувшегося транспортного средства как единого целого, и это обуславливает погрешности в конечном результате.

Данный недостаток может быть устранен с помощью результатов многочисленных испытаний транспортных средств в условиях реальных столкновений и определения на этой основе величины работы деформации конкретного транспортного средства как единой конструкции, однако такие подходы связаны с материальными затратами.

В этой связи весьма актуальны задачи повышения точности и снижения стоимости исследований при определении скоростей движения транспортных средств при разных видах столкновений.

В работе [1] на основе большого объема наблюдений и исследований ДТП предлагается использовать результаты столкновений с неподвижным препятствием неограниченной массы в виде значения приведенной скорости. Полученная при этих испытаниях информация о размерах деформаций и разрушений ТС в зависимости от скорости наезда может использоваться для определения скорости ТС в момент столкновения при ДТП.

Использование данных о напряженно-деформированном состоянии бампера автомобиля позволит уточнить значение скорости автомобиля в момент



столкновения, обеспечивая при этом требуемое качество и простоту выполнения.

В работах [2, 3] были получены данные, характеризующие изменение напряженно-деформированного состояния двухсекционного усилителя бампера в зависимости от динамической нагрузки, а также выявлены критические зоны, в которых деформации достигают максимальных значений (см. рис. 1).

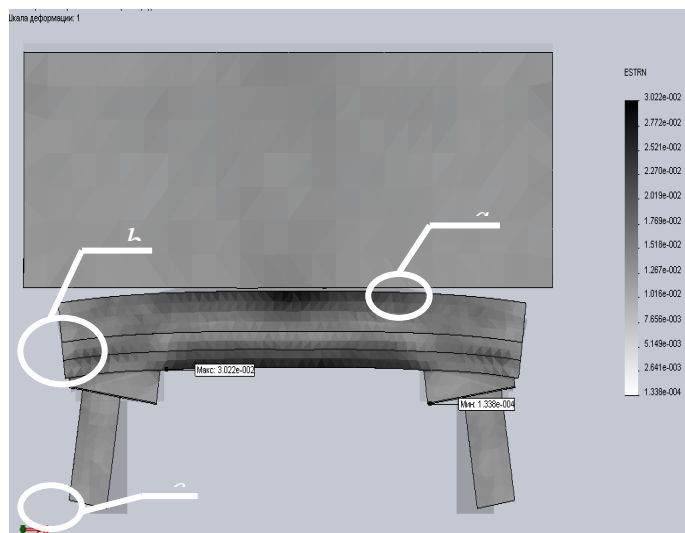


Рис. 1. Особенности распределения деформаций с указанием критических зон: зона а – место непосредственного контакта с препятствием; зона b – крайние области усилителя бампера; зона с – отклонение концов продольных балок кронштейнов

Изменение толщины секций усилителя бампера непосредственно влияет на деформируемость его конструкции под воздействием динамического нагружения. Поэтому наибольший интерес будут представлять данные, характеризующие изменение напряженно-деформированного состояния конструкции в зонах *a* и *b*.

Для уточнения уравнений, характеризующих деформирование конструкции, воспользуемся программой *TableCurve*, которая позволяет обрабатывать сложные комплексы исходных данных, предоставляя возможные варианты решений. Набор встроенных уравнений *TableCurve* включает широкий диапазон линейных и нелинейных моделей для любых типов расчетов. Кроме того, *TableCurve* обладает возможностью индивидуальной настройки каждой модели и подбора уравнения или системы уравнений, наиболее соответствующего исходным данным, в том числе и в графическом режиме. Программа *TableCurve* доступна в двух версиях – *TableCurve 2D* и *TableCurve 3D*. *TableCurve 2D* – инструмент построения двумерных моделей на основе массивов эмпирических данных, а *TableCurve 3D* – трехмерных моделей [4].

Выбранные для рассмотрения толщины секций усилителя бампера представлены в сводной таблице.

Таблица

Вариант	Толщина секции		Масса системы бампера, кг
	1-ой $t_1$ , мм	2-ой $t_2$ , мм	
I	1,6	1,4	7,73
II	2,2	2,0	9,07
III	2,8	2,6	10,41
IV	3,4	3,2	11,71
V	4,0	3,8	12,99

В результате было получено следующее уравнение, точность которого составила 0,9880396236:

$$t_1(t_2) = a + b \cdot t_2; \quad (1)$$

где: коэффициенты  $a = 0,096221604$ ;  $b = 1,0966762$ .

Для установления влияния изменения толщины секций усилителя бампера на распространение деформаций в его конструкции была проведена серия экспериментов, представляющих собой столкновение двухсекционного усилителя бампера с жестким барьером [3]. Использование программы *TableCurve 3D* позволило представить результаты в виде трехмерных моделей, которые характеризуют особенности изменения деформаций в конструкции усилителя различной толщины в зависимости от относительной скорости столкновения  $v$ .

На рис. 2 представлена трехмерная модель распределения деформаций в конструкции усилителя бампера (в зоне  $a$ ) с учетом толщины в первой секции в зависимости от изменения относительной скорости столкновения  $v$ . Следует отметить увеличение деформаций с повышением динамической нагрузки (относительной скорости столкновения), что характерно для всех рассмотренных вариантов. Однако для достижения одинаковых значений максимальной деформации необходимо увеличить динамическое нагружение с увеличением толщины первой секции усилителя. Так, для I варианта относительная скорость столкновения составит 0,77, для V варианта – 0,84 (при этом  $\Delta a_{max} = 4$  мм). Характерной особенностью, свойственной всем рассмотренным вариантам, является наличие трех участков изменения деформаций с увеличением динамического нагружения:

1. Криволинейный участок, наблюдаемый до достижения деформаций 0,5 мм.
2. Линейный участок – от 0,5 до 2,5 мм.
3. Криволинейный участок – от 2,5 мм до 4 мм.

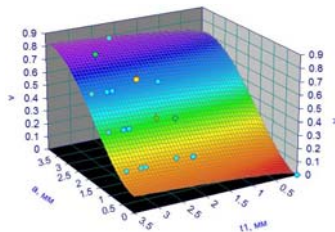


Рис. 2. Распределение деформаций в зоне  $a$  конструкции усилителя бампера



Наличие первого криволинейного участка можно объяснить тем фактом, что при первоначальном контакте наблюдается трение между поверхностями взаимодействующих объектов; линейный участок характеризуется достижением области упругих деформаций, а второй криволинейный участок – достижением области пластических деформаций конструкции.

В результате использования программы *TableCurve 3D* было получено выражение, характеризующее особенности изменения деформаций в конструкции усилителя различной толщины в зависимости от динамического нагружения (зона *a*):

$$v_{ст}(\Delta a; t_1) = a + b \cdot \Delta a^2 + c \cdot \Delta a^{2,5} + d \cdot t_1^{0,5}; \quad (2)$$

где:  $v_{ст}$  – скорость столкновения, м/с;  $\Delta a$  – деформация конструкции усилителя бампера в зоне *a*, мм;  $t_1$  – толщина первой секции усилителя бампера, мм; коэффициенты:  $a = -0,005478738$ ;  $b = 1,134886511$ ;  $c = -0,470256472$ ;  $d = 0,295673213$ .

Точность полученного выражения составляет 0,9875133036.

После некоторых преобразований выражения (2) окончательно получим:

$$v_{ст}(\Delta a; t_1) = 1,1 \cdot \Delta a^2 - 0,5 \cdot \Delta a^{2,5} + 0,3 \cdot t_1^{0,5}. \quad (3)$$

На рис. 3 представлена трехмерная модель распределения деформаций в конструкции усилителя бампера (в зоне *b*) с учетом толщины в первой секции в зависимости от изменения относительной скорости столкновения  $v$ . Следует также отметить увеличение деформаций с повышением динамической нагрузки (относительной скорости столкновения), что характерно для всех рассмотренных вариантов. Однако при относительной скорости  $v = 0,9$  отмечается увеличение значений деформаций с повышением толщины первой секции усилителя, но данная особенность наблюдается до достижения толщины  $t_1 = 2,5$  мм, далее же можно заметить, что для достижения одинаковых значений максимальной деформации требуется меньшее динамическое нагружение. Так, для I варианта относительная скорость столкновения составит 0,9, для V варианта – 0,68 (при этом  $\Delta b_{max} = 8$  мм). Характерной особенностью, свойственной всем рассмотренным вариантам, является наличие криволинейного участка. Однако для вариантов I–II наблюдается наличие прямолинейного участка, но его размеры невелики, и уже для толщины  $t_1 = 2$  мм такой участок отсутствует, что указывает на достижение области пластических деформаций в конструкции.

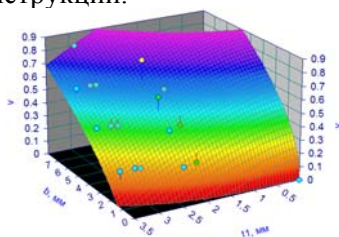


Рис. 3. Распределение деформаций в зоне *b* конструкции усилителя бампера

В результате использования программы *TableCurve 3D* было получено выражение, характеризующее особенности изменения деформаций в кон-



струкции усилителя различной толщины в зависимости от динамического нагружения (зона  $b$ ):

$$v_{\text{ст}}(\Delta b; t_1) = a + b \cdot \Delta b^{0,5} + c \cdot t_1^{1,5}; \quad (4)$$

где:  $v_{\text{ст}}$  – скорость столкновения, м/с;  $\Delta b$  – деформация конструкции усилителя бампера в зоне  $b$ , мм;  $t_1$  – толщина первой секции усилителя бампера, мм; коэффициенты:  $a = -0,090891657$ ;  $b = 1,877706014$ ;  $c = 0,330230683$ .

Точность полученного выражения составляет 0,9358613939.

После некоторых преобразований выражения (4) окончательно получим:

$$v_{\text{ст}}(\Delta b; t_1) = -0,1 + 2 \cdot \Delta b^{0,5} + 0,3 \cdot t_1^{1,5}. \quad (5)$$

Таким образом, в результате проведенных экспериментов были получены данные, дальнейшая обработка которых позволила выявить особенности изменения деформаций в конструкции усилителя различной толщины в зависимости от динамического нагружения. Кроме того, получено выражение (1), устанавливающее зависимость изменения толщины в секциях усилителя бампера. Выражения (3, 5) позволяют определить скорость столкновения или уточнить ее значение, поэтому могут быть использованы при производстве экспертизы ДТП.

#### Библиографические ссылки

1. Коршаков И. К. Пассивная безопасность автомобиля. – М.: МАДИ, 1979.
2. Новописный Е. А. Влияние толщины конструктивных элементов на безопасные свойства бампера / А. И. Шутов, Е. А. Новописный // Сб. науч. тр. по мат-лам междунар. науч.-практич. конф. «Перспективные инновации в науке, образовании, производстве и транспорте 2011». – Т. 1. Транспорт. – Одесса: Черноморье, 2011.
3. Новописный Е. А. Использование метода конечных элементов при имитации поведения при ДТП бампера автомобиля / А. И. Шутов, Е. А. Новописный // Сб. науч.-практич. ст. «Проблемы теории и практики автомобильного транспорта». – Вып. 4. – СПб.: СЗТУ, 2011.
4. Systat Software Inc. Интернет-ресурс: <http://www.sigmaplot.com/products/tablecurve2d/tablecurve2d.php>