

УДК 625.33

МЕТОДИКА ОПРЕДЕЛЕНИЯ ЭНЕРГОЕМКОСТИ ДЕФОРМИРУЕМОГО ПРЕПЯТСТВИЯ ПРИ ИСПЫТАНИИ АВТОМОБИЛЯ ПО ТРЕБОВАНИЯМ ПРАВИЛ R95 ЕЭК ООН.

Курдюк С.А., Новиков А.А. НТЦ ОАО “АВТОВАЗ”

В настоящий момент действует европейское требование по безопасности автомобиля в отношении бокового удара (Правила 95 ЕЭК ООН). Для испытаний по этим требованиям используется тележка бокового удара с закрепленным на ней деформируемым барьером (далее MDB от английской аббревиатуры слов ‘подвижный деформируемый барьер’).

Одной из основных задач при проведении анализа результатов испытаний на боковой удар является оценка энергии, затраченной на деформацию барьера, и характеристики силового взаимодействия барьера и автомобиля в зависимости от величины суммарной деформации. В этой статье описана разработанная нами методика определения перечисленных параметров на основе замеров остаточных деформаций барьера.

Схема MDB и пример характеристики его блоков приводятся на рис. 1. На рис. 1а показана нумерация блоков барьера и координатная сетка, используемая для замера остаточных размеров барьера после удара (расстояния между горизонтальными рядами 100 мм, между вертикальными – 50 мм). На этом же рисунке в качестве примера изображены коридоры, разрешенные для деформационных характеристик блоков 1 и 3 (рис.1б), а также 5,6 (1в).

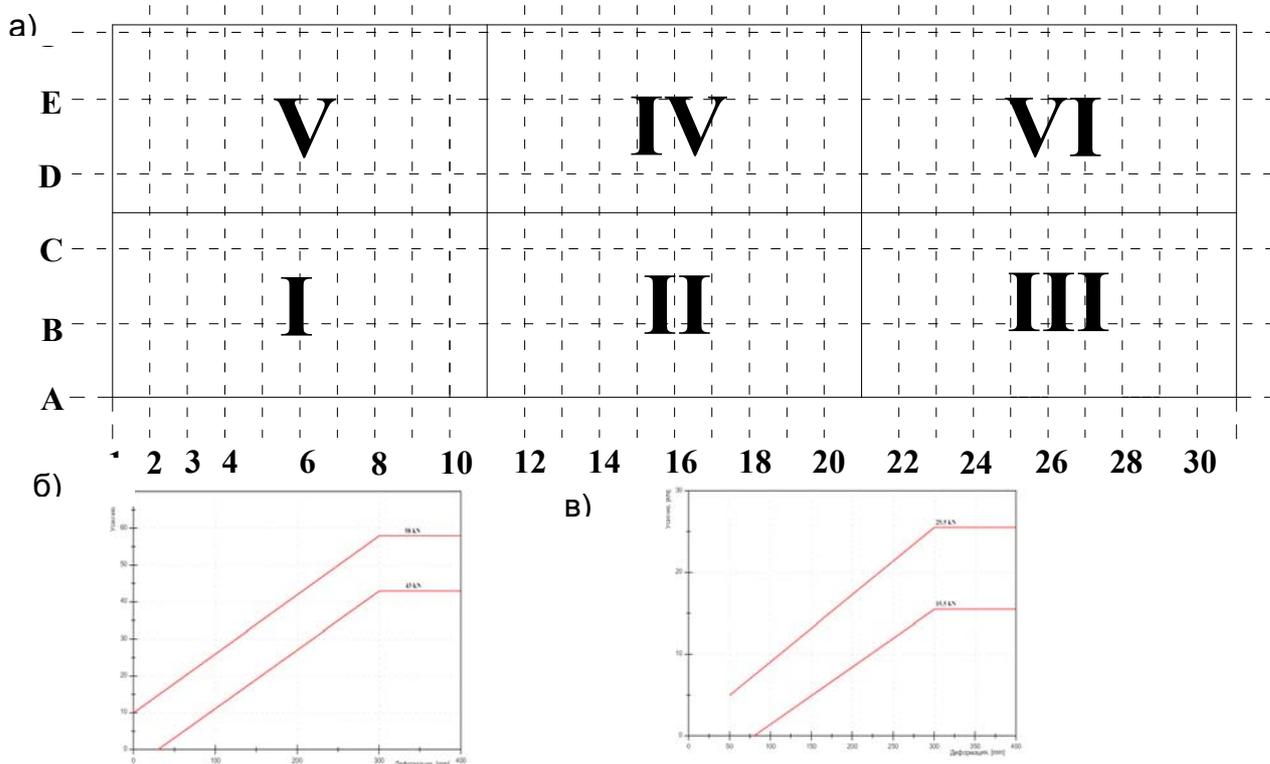


Рис.1. Схема MDB

а) нумерация блоков барьера и сетка, используемая для замеров остаточных деформаций

б) коридоры для деформационных характеристики блоков 1 и 3

в) коридоры для деформационных характеристик блоков 5 и 6

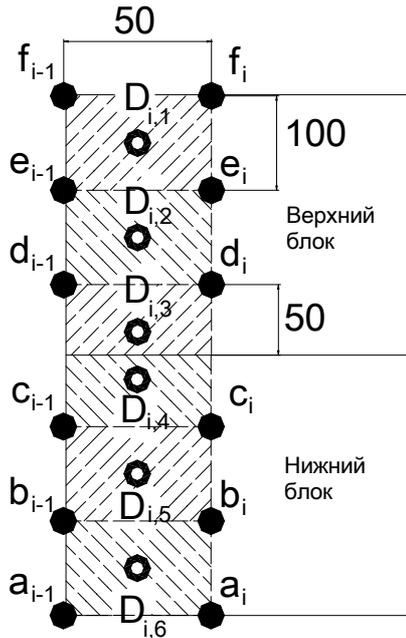


Рис.2. Схема для иллюстрации алгоритма подсчета энегоемкости элементарных ячеек деформируемого блока.

$$\begin{aligned}
 D_{i,1} &= \frac{1}{4} (f_{i-1} + f_i + e_{i-1} + e_i) & D_{i,2} &= \frac{1}{4} (e_{i-1} + e_i + d_{i-1} + d_i) \\
 D_{i,3} &= \frac{1}{2} (d_{i-1} + d_i) & D_{i,4} &= \frac{1}{2} (c_{i-1} + c_i) \\
 D_{i,5} &= \frac{1}{4} (c_{i-1} + c_i + b_{i-1} + b_i) & D_{i,6} &= \frac{1}{4} (b_{i-1} + b_i + a_{i-1} + a_i)
 \end{aligned} \tag{1}$$

Энергии деформаций элементарных ячеек подсчитываются, исходя из деформационной характеристики каждого конкретного блока :

$$((E_{j,i,k}^{max} = S_j D_{j,i} * \sigma_k(D_{i,j})), i = 1,10), j = 1,6), k = 1,3),$$

где S_j – площадь ячейки j -го горизонтального ряда,

j - индекс ячейки по высоте (начиная с нижней)

$D_{j,i}$ - усредненная деформация j -й ячейки i -го вертикального ряда

$\sigma_k(\delta)$ – деформационная характеристика k -го блока. Для $j=1,5$ берется характеристика нижнего блока из двух вертикальных соседних, для $j=6,10$ – характеристика верхнего.

k - номер вертикального столбца из двух блоков (верхнего и нижнего). По рис. 1 блоки 5,1 имеют $k=1$; блоки 4,2 - $k=2$; блоки 6,3 - $k=3$.

Суммарная энергия деформации блока получается суммированием энергий деформации элементарных ячеек

$$E_k = \sum_i \sum_j E_{i,j,k}$$

Энергия деформации каждого блока подсчитывалась суммированием энергий деформаций элементарных ячеек в соответствии со схемой рис. 2. На схеме показаны по три элементарные ячейки для верхнего и нижнего блоков (две размером 50мм*100мм и одна размером 50мм*50мм) в пределах одного вертикального ряда. Каждая из элементарных ячеек определяется четырьмя или двумя точками замеров деформаций. При этом для верхних трех рядов деформации в точке замеров δ (соответственно f_i, e_i, d_i) определяются по зависимости

$$\delta = 440 - h$$

для нижних трех рядов (соответственно a_i, b_i, c_i) по зависимости

$$\delta = 500 - h$$

Здесь h – замеренное расстояние от соответствующей точки деформированного барьера до базовой поверхности.

Усредненные деформации для каждой элементарной ячейки :

При этом для нижнего блока суммирование по j осуществляется для $j=1,5$, а для верхнего блока - для $j=6,10$.

Всего в расчетах используется три характеристики блоков – средняя, минимально возможная и максимально возможная, что дает, соответственно, три оценки энергии деформации – минимальную, максимальную и среднюю. Кроме того, можно получить еще одну оценку энергии деформации барьера, если в качестве деформационной характеристики использовать результаты сертификационных испытаний серии подвижных деформируемых барьеров.

При обсуждении методики оценки силовой характеристики взаимодействия автомобиля и деформируемого барьера будем использовать иллюстрации, полученные для конкретных испытаний автомобиля семейства “Самара”.

По поперечному разрезу автомобиля в центральной зоне (рис. 3, 4) можно установить, при каком перемещении барьера относительно автомобиля вступает в контакт тот или иной ряд элементарных ячеек барьера и определить максимальную совместную динамическую деформацию автомобиля и барьера.

На рис.3 изображено взаимное положение деформируемого барьера относительно автомобиля в момент начального касания и определение момента касания соответствующих рядов элементарных ячеек барьера с кузовом автомобиля при увеличении суммарной деформации автомобиля и MDB.

Обработка рис. 3 дает следующие значения деформаций, соответствующих началу включения в работу рядов элементарных ячеек :

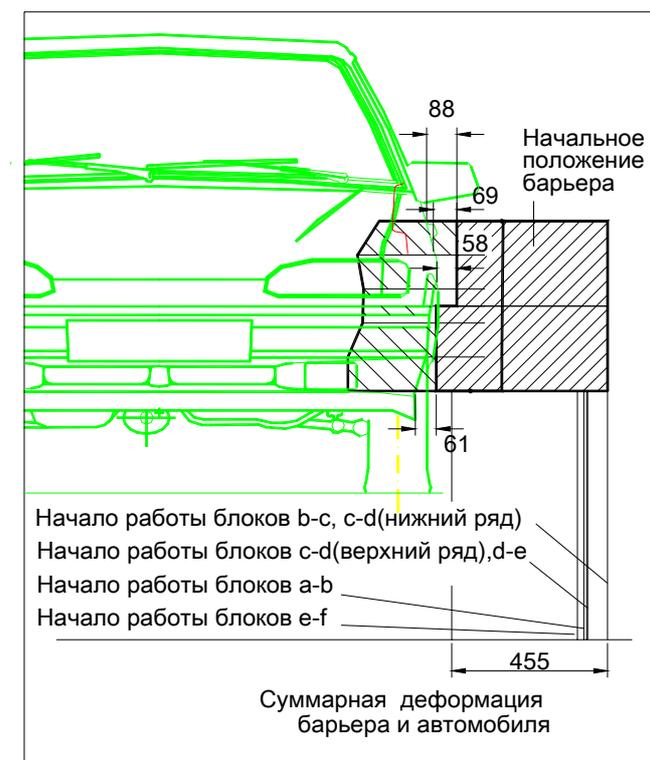


Рис.3. Определение моментов начала работы рядов элементарных ячеек в зависимости от суммарной деформации автомобиля и барьера.

- ряд **b-c** и зона нижнего блока выше точек **c** вступают в работу первыми в начальный момент времени
- ряд **d-e**, зона верхнего блока ниже точек **d** и ряд **a-b** вступают в работу примерно одновременно при деформациях около 60 мм
- верхний ряд **e-f** вступает в работу при деформациях около 80 мм.

Оценку суммарной деформации кузова и барьера проще всего делать на плановой проекции (рис. 4). На этом рисунке изображены два положения деформированного барьера относительно автомобиля. Одно из них соответ-

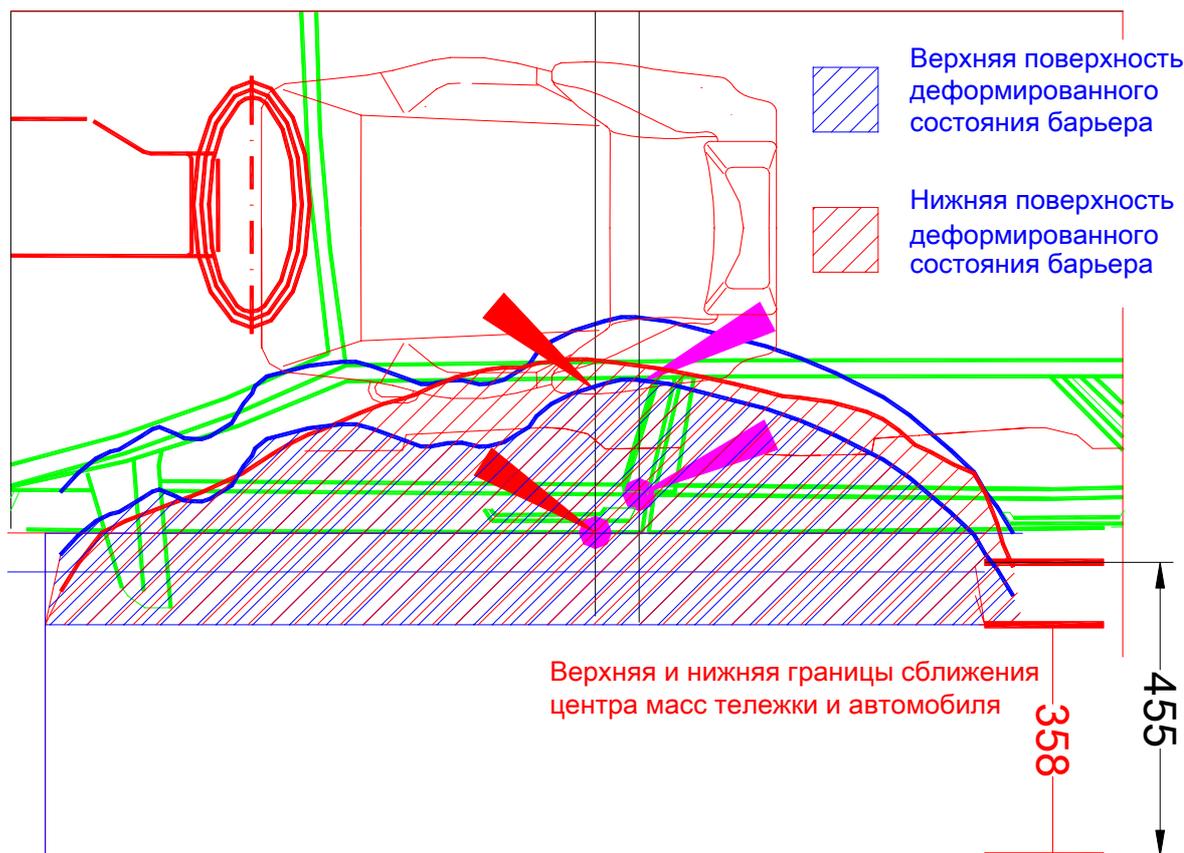


Рис.4. Оценка максимальной (динамической) и минимально возможной (по остаточным деформациям) суммарной деформации автомобиля и барьера. Жирными стрелками показаны начальное и замеренное конечное (остаточное) положение двух точек центральной стойке.

ствует суммарной остаточной деформации барьера и автомобиля и является нижней оценкой максимальной деформации, достигнутой в ходе удара (358 мм), а второе соответствует приближенной оценке максимальной динамической деформации и получено из условия совмещения крайних (наиболее деформированных) частей барьера и кузова автомобиля, где деформация минимальна. По этой оценке в рассматриваемом примере максимальная динамическая суммарная деформация барьера и автомобиля должна быть около 455 мм.

Суммарная силовая характеристика может быть найдена из предположения линейной зависимости деформации ячеек барьера от суммарной деформации автомобиля и барьера. Исходя из этого предположения получаем :

$$\Delta_j = d - \delta_j^0$$

$$\begin{cases} |\Delta_{i,j}| = \Delta_j * \frac{D_{i,j}}{d_{max} - \delta_j^0}, \Delta_j > 0 \\ |\Delta_{i,j}| = 0, \Delta_j < 0 \end{cases}$$

где Δ_j – номинальная деформация элементарной ячейки j -го ряда;
 d – текущая величина суммарной деформации MDB и кузова;

δ_j^0 – величина суммарной деформации, при которой вступает в работу j-й ряд (по рис.3);

$|\Delta_{i,j}|$ – нормированная величина деформации элементарной ячейки, принадлежащей j-му ряду, i-му столбцу барьера (i, j);

$D_{i,j}$ – усредненная остаточная деформация ячейки (i, j), определенная по зависимостям (1);

d_{max} – максимальная оценка суммарной динамической деформации (по рис. 4).

Соответственно, усилия в элементарных ячейках, усилия в горизонтальных рядах и суммарное усилие взаимодействия автомобиля и барьера:

$$F_{i,j} = F(|\Delta_{i,j}|),$$

$$F_j = \sum_i F_{i,j}$$

$$F = \sum_j F_j$$

где $F(\Delta)$ – характеристика соответствующего блока MDB (соответственно, могут быть использованы верхняя, нижняя оценка или среднее значение усилия).

Применение описанной методики для приведенного в этой статье удара автомобиля Самара дает следующие основные результаты :

- оценка суммарной энергии деформации барьера – 24.4 ±6 кДж (т.е., от 19 до 31 % энергии удара)
- оценка максимального значения суммарной динамической деформации автомобиля – 445 мм
- зависимость усилия взаимодействия от величины суммарной динамической деформации изображена на рис. 5.

По ходу обработки получены и более детальные результаты, такие, как:

- распределение энергии удара по блокам барьера
- зависимость усилия суммарной деформации для каждого горизонтального ряда барьера
- зависимость усилия от суммарной деформации для вертикальных сечений
- оценка возможного разброса значений каждого из параметров.

К сожалению, все полученные данные не могут быть приведены здесь из-за ограничений на объем статьи.

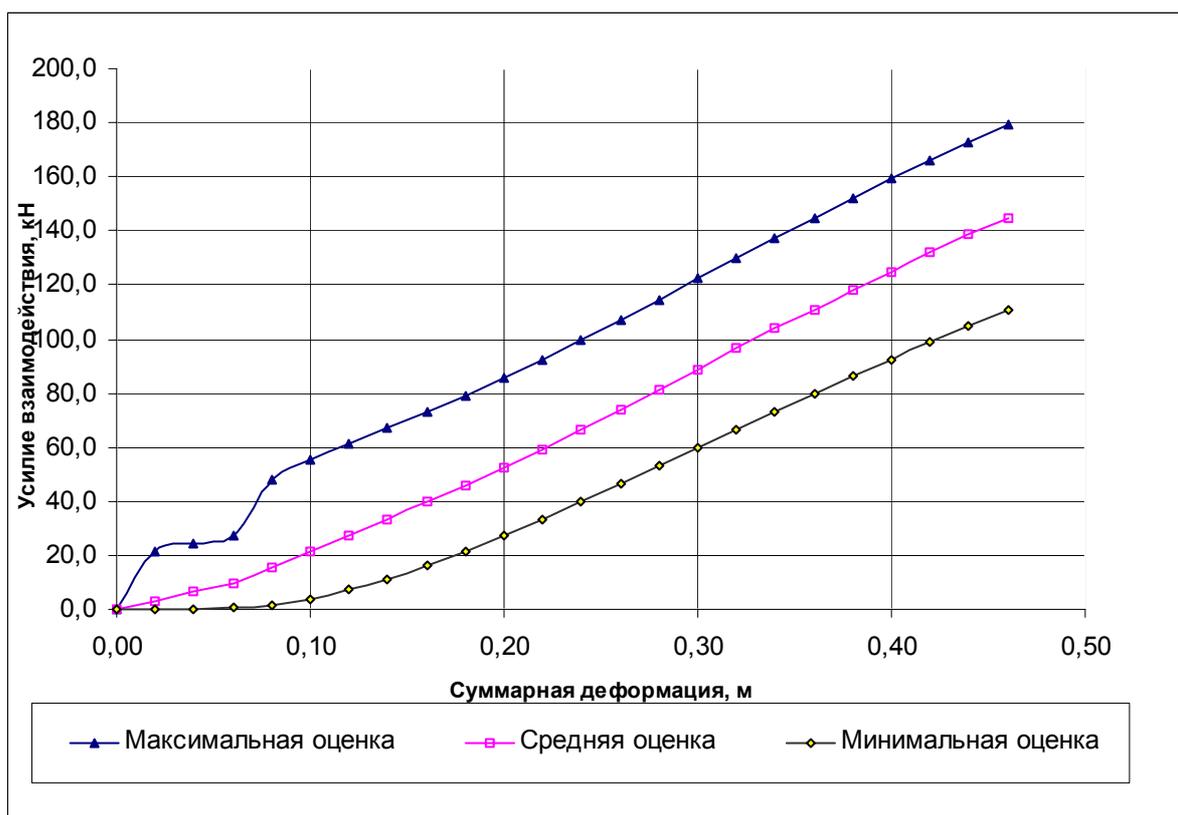


Рис. 5. Максимальная, средняя и минимальная оценка усилия взаимодействия автомобиля и MDB для рассматриваемого бокового удара.

Необходимо отметить, что приведенная оценка основана только на замерах остаточных деформаций и никак не использует другие результаты измерений, в частности, показания акселерометров, установленных на автомобиле и тележке.

Возможно, например, уточнение оценки энергетике деформирования барьера и силовой характеристики взаимодействия автомобиля и тележки по ходу удара. При этом может быть предложен алгоритм уточнения на основе упрощенной динамической модели удара. В качестве начального приближения к характеристике взаимодействия в такой модели может быть использована средняя из характеристик рис.5, а для контроля результатов - значения максимальной динамической деформации и замеренные при испытаниях законы изменения ускорения для автомобиля и тележки.

Представляется полезным использовать полученную информацию для проектирования и оптимизации силовой схемы автомобиля при боковом ударе. Одно из возможных направлений исследований – при условии обработка результатов ударов для большего количества испытаний автомобилей разных марок - это работа по соотношению энергетических и силовых параметров удара с показателями травмирования манекена. На этом может быть основана детализация требований к элементам силовой схемы автомобиля.

Обобщение и типизация полученных данных могут оказаться полезными при проведении экспертизы ДТП.