



Министерство образования и науки РФ  
Федеральное государственное бюджетное образовательное  
учреждение высшего образования  
«Пензенский государственный университет  
архитектуры и строительства»  
Автомобильно-дорожный институт  
Кафедра «Организация и безопасность движения»



# МОДЕЛИРОВАНИЕ СТОЛКНОВЕНИЯ АВТОМОБИЛЯ С ПРЕГРАДОЙ

**Автор ВРК:** Нугаев А. С.

**Группа:** ТТП-21м

**Специальность:** 230401 «Технология транспортных процессов»

**Руководитель ВКР:** к.т.н., проф. Домке Э. Р.

г. Пенза, 2016

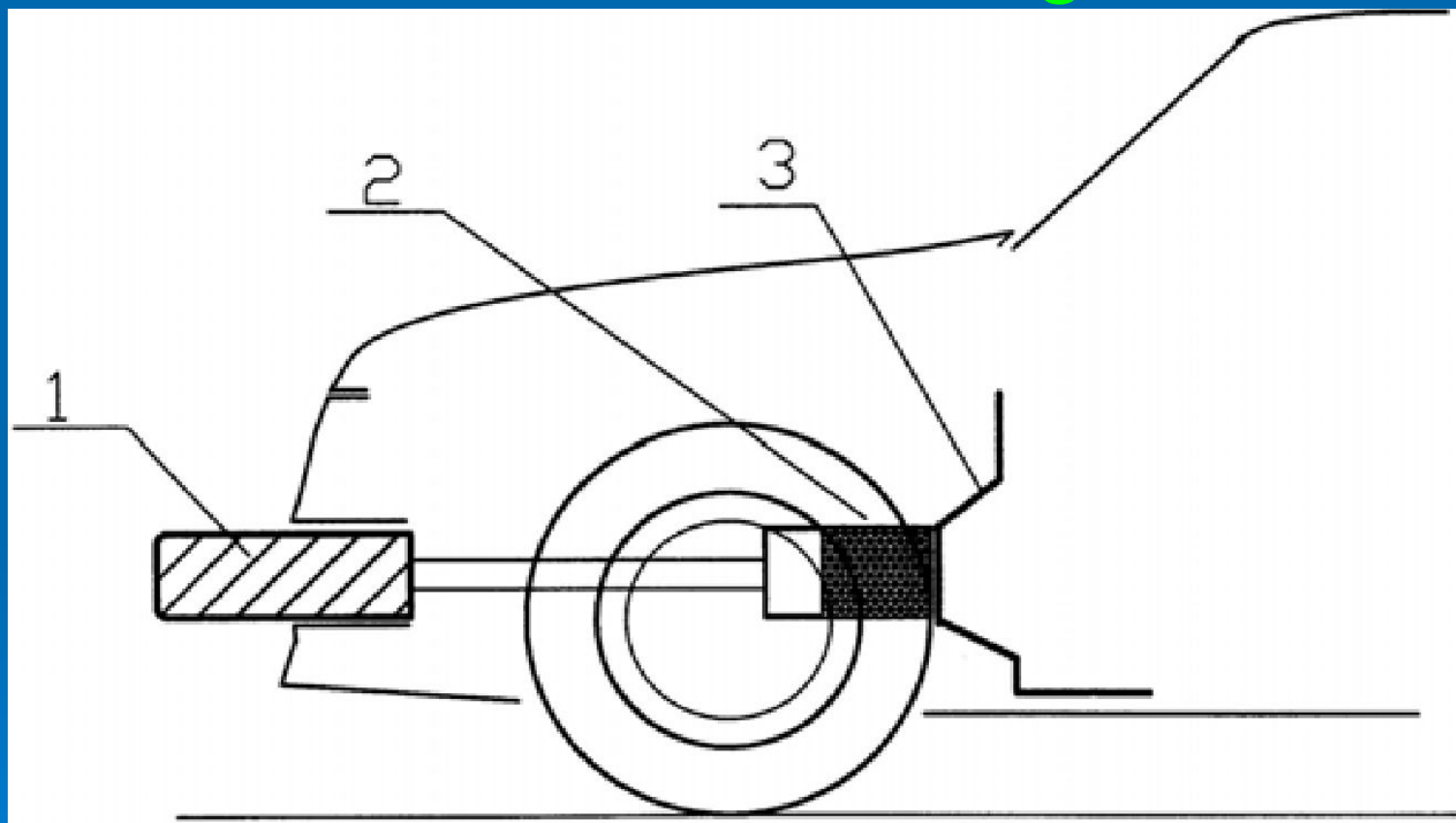
## Цель исследований :

*Повышение эффективности проведения дорожно-транспортной экспертизы в зависимости от изменения напряженно-деформированного состояния бампера автомобиля.*

## Задачи исследований :

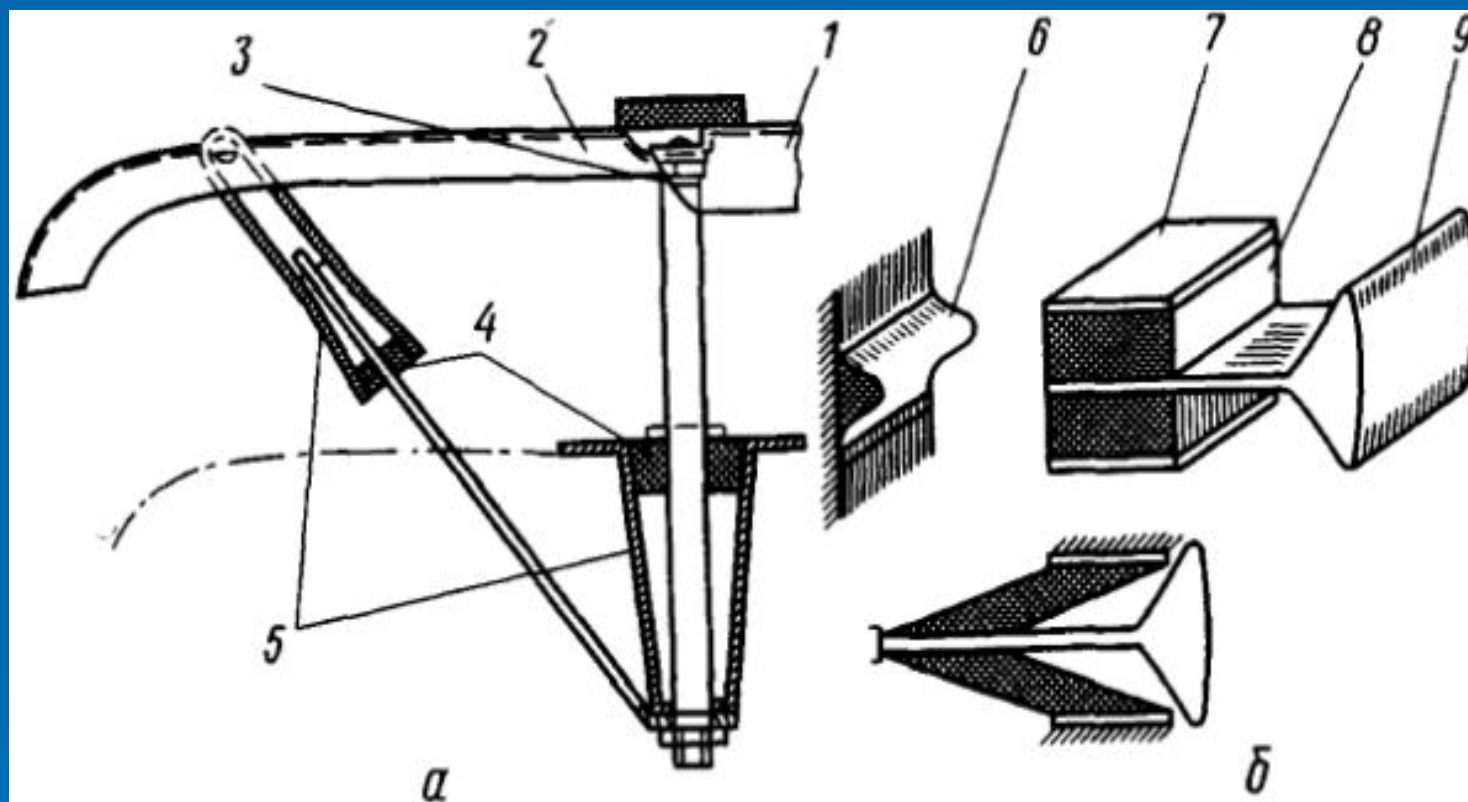
*-разработать критерий оценки безопасности конструкции бампера легкового автомобиля;  
- разработать методику определения напряженно-деформированных показателей бампера автомобиля с учетом его конструктивных особенностей.*

# Схема безопасного бампера экспериментального автомобиля компании *Volkswagen*:



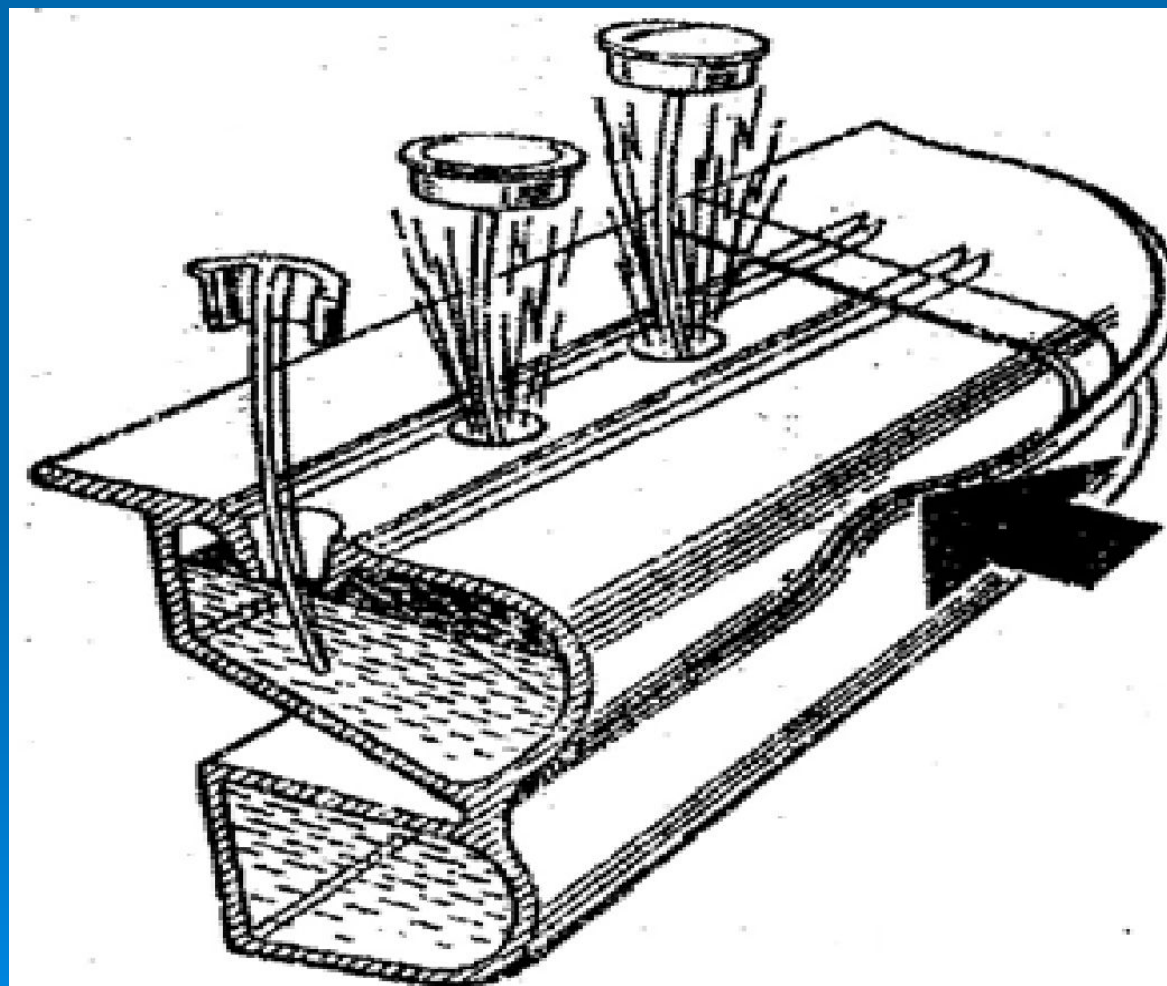
1 – подвижный бампер; 2 – цилиндр с энергопоглощающим наполнителем;  
3 – щит передней части кузова

# Конструктивная схема безопасного бампера с упругими амортизирующими элементами:

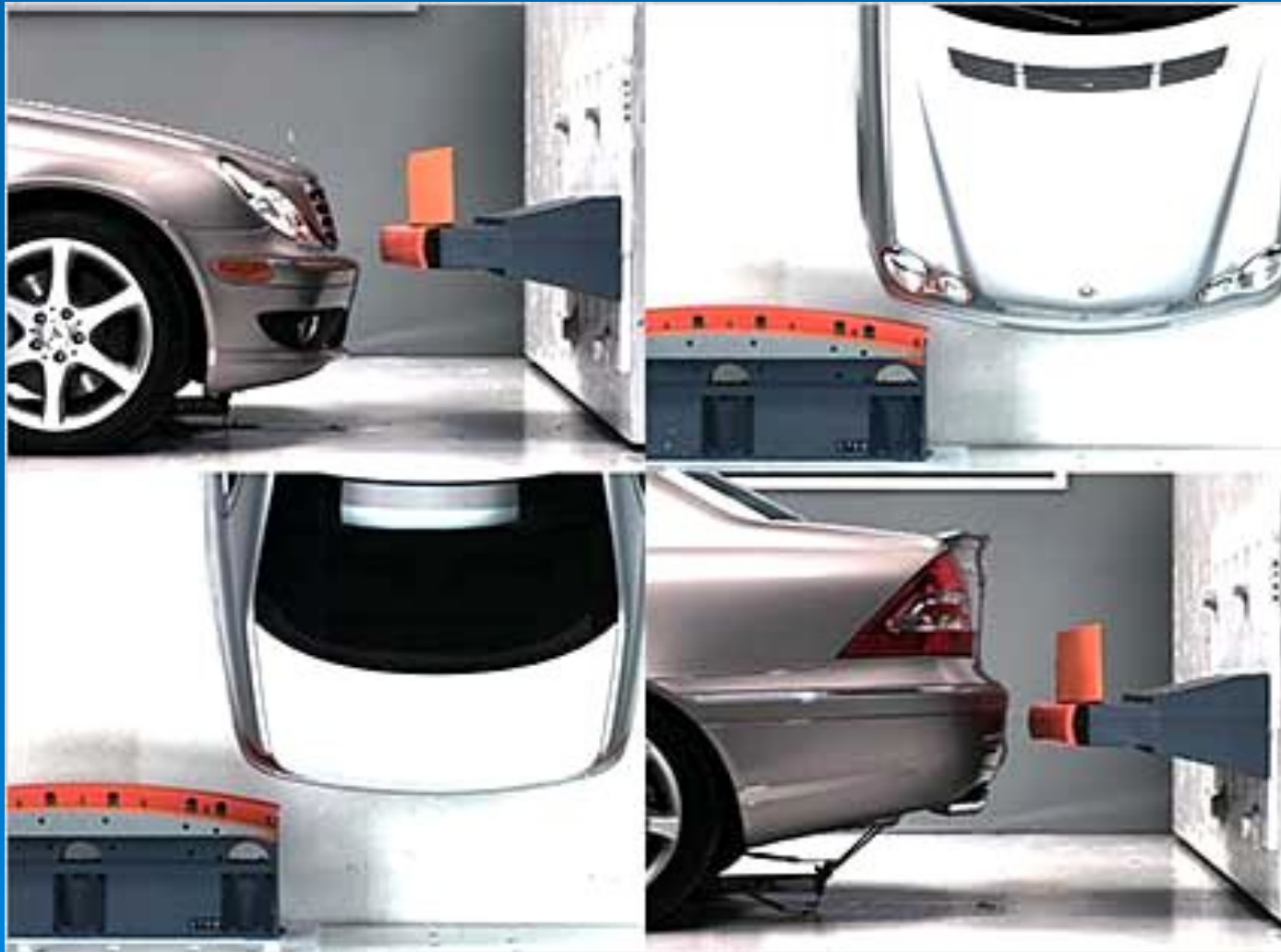


а – работающими на сжатие; б – работающими на сдвиг;  
1 – балка; 2 – боковое крыло; 3 – шарнир; 4 – упругий элемент;  
5 – энергопоглощающий конус; 6 – буфер; 7 – обойма; 8 – резиновый  
упругий элемент; 9 – поперечный брус бампера

# Гидропневматический бампер с легко деформируемой оболочкой (с выбиваемыми заглушками)

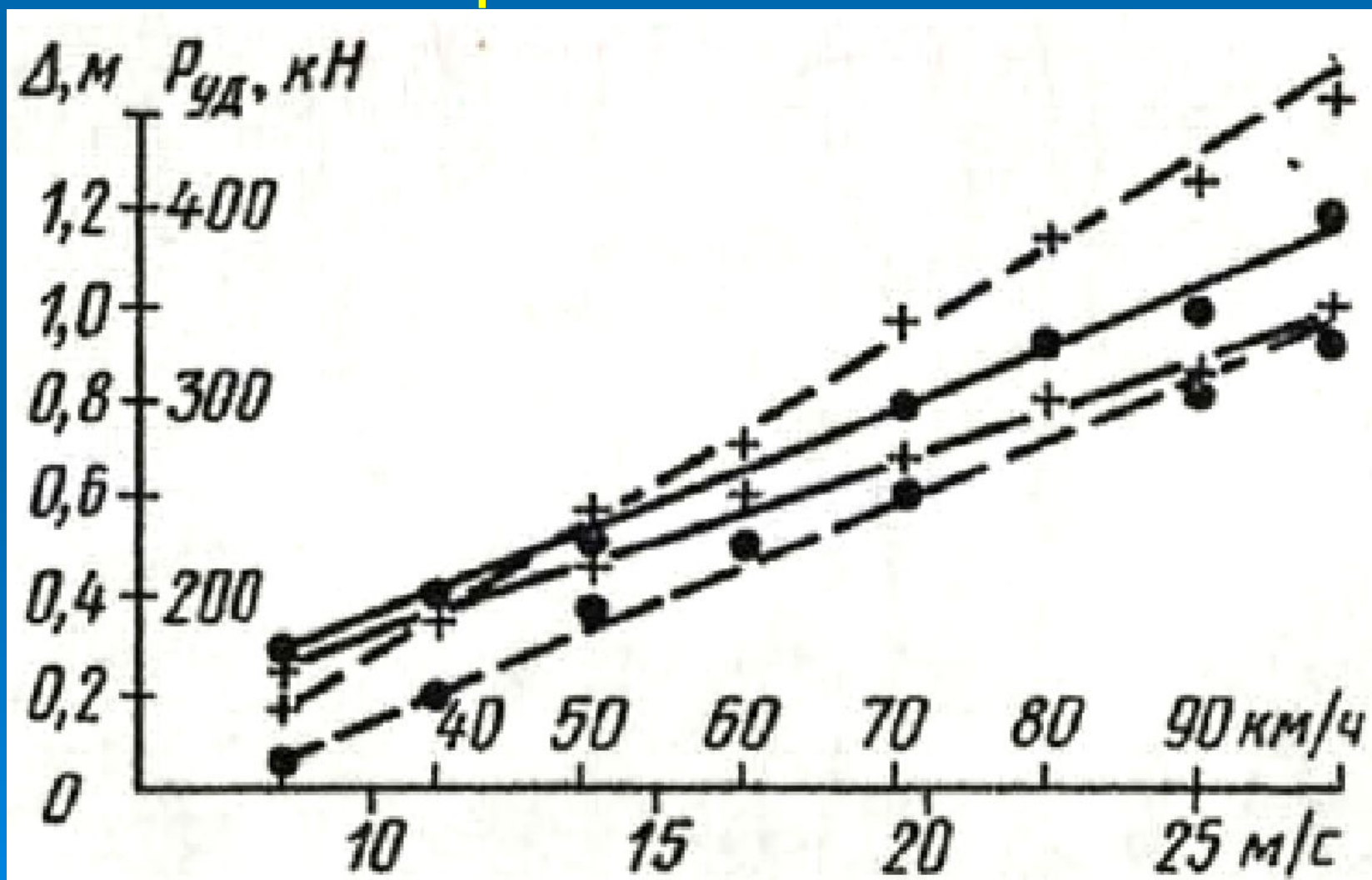


# Комплекс испытаний бамперов автомобилей

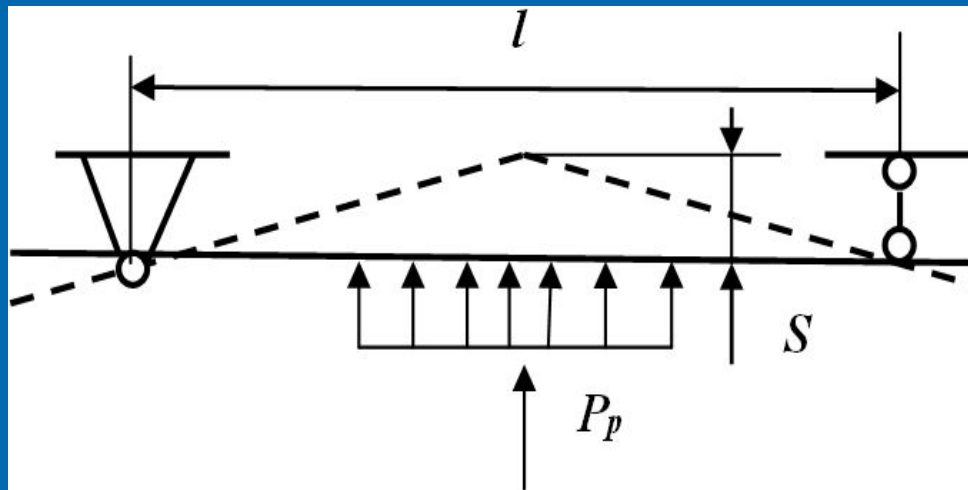




# Зависимости деформации кузова и силы удара от скорости автомобиля



# Расчетная схема и механизм разрушения бампера



$$P'_p = 4 \cdot W_{\text{пл}} \cdot \sigma_T / l; \quad P''_p = 8 \cdot W_{\text{пл}} \cdot \sigma_T / l,$$

где  $l$  – длина бампера между опорами, м;

$W_{\text{пл}}$  – пластический момент сопротивления сечения, м<sup>3</sup>;

$\sigma_T$  – предел текучести материала, МПа.

$$v_a = \sqrt{2 \cdot P_{pi} \cdot S / m_a}.$$

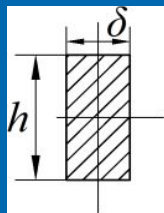
$$W_{\text{пл}} = m_a \cdot v_a^2 \cdot l / 8 \cdot \sigma_T \cdot S_{\text{доп}}.$$



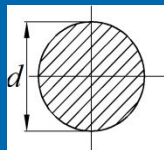
# Характеристики сечений

ФОРМА

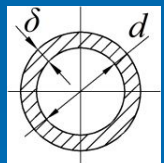
Wпл



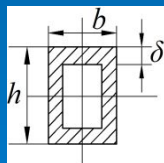
$$\frac{1}{4}bh^2$$



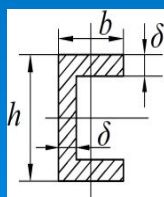
$$\frac{1}{6}d^3$$



$$\frac{1}{6}d^3 \left[ 1 - \left( 1 - \frac{2\delta}{d} \right)^3 \right]$$

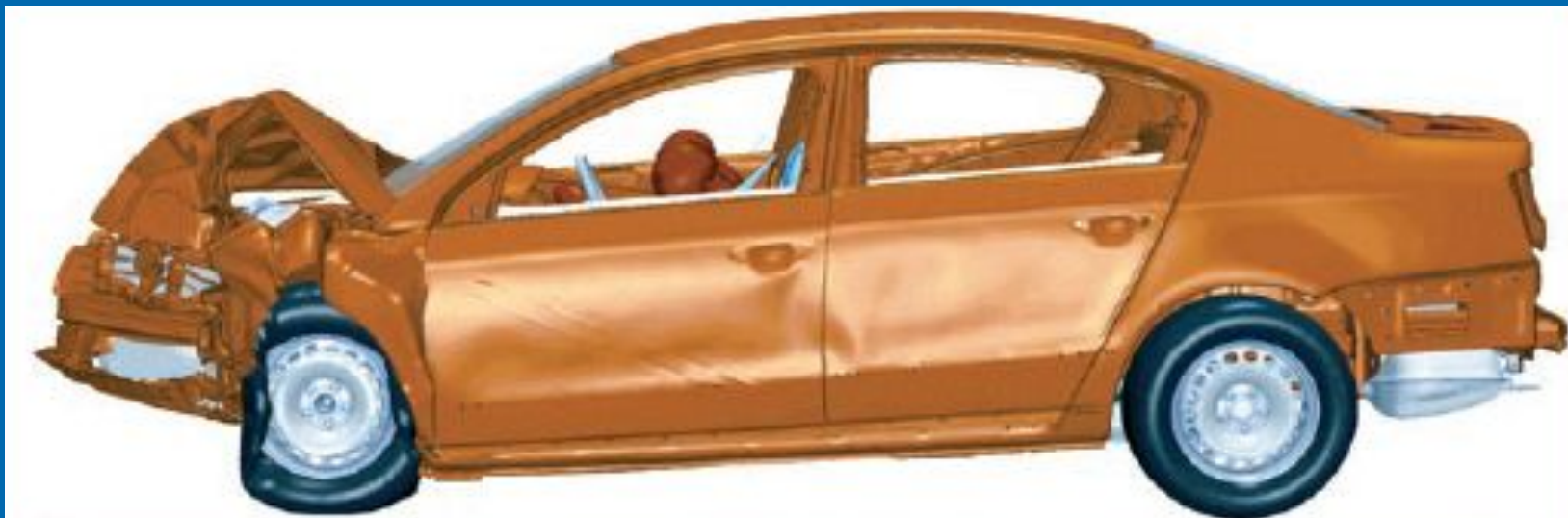


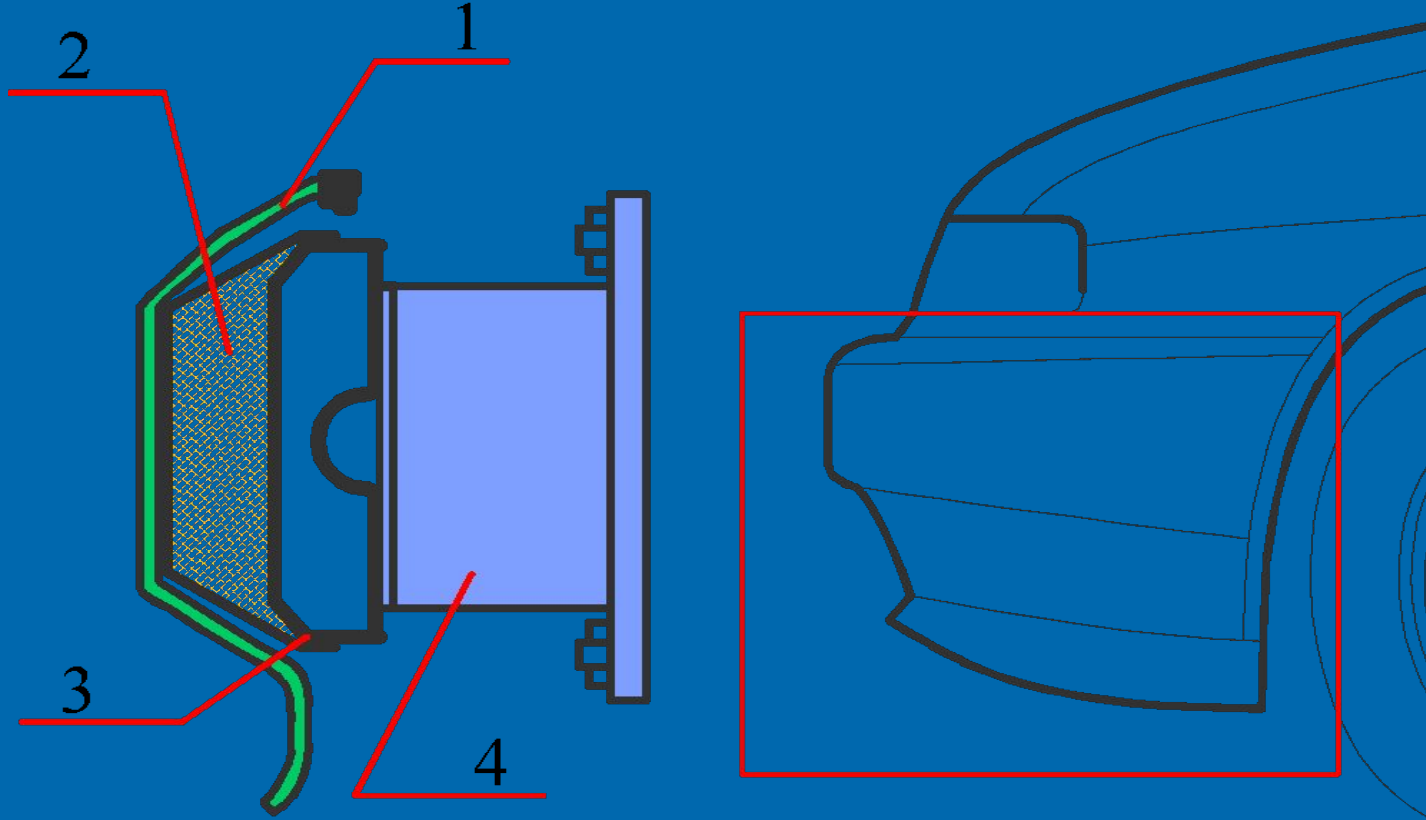
$$b\delta(h - \delta) + \frac{1}{2}\delta(h - 2\delta)^2$$



$$\frac{1}{2}bh\delta$$

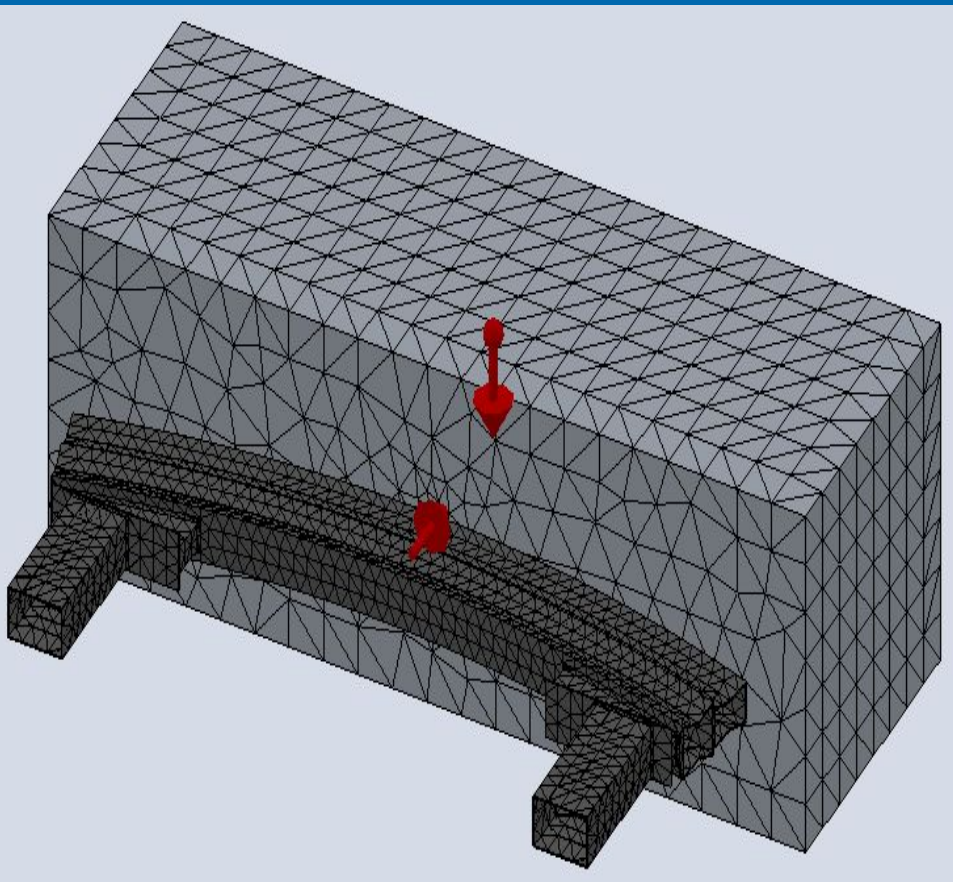
# Сравнительный анализ разрушений автомобиля, выполненный компанией Volkswagen





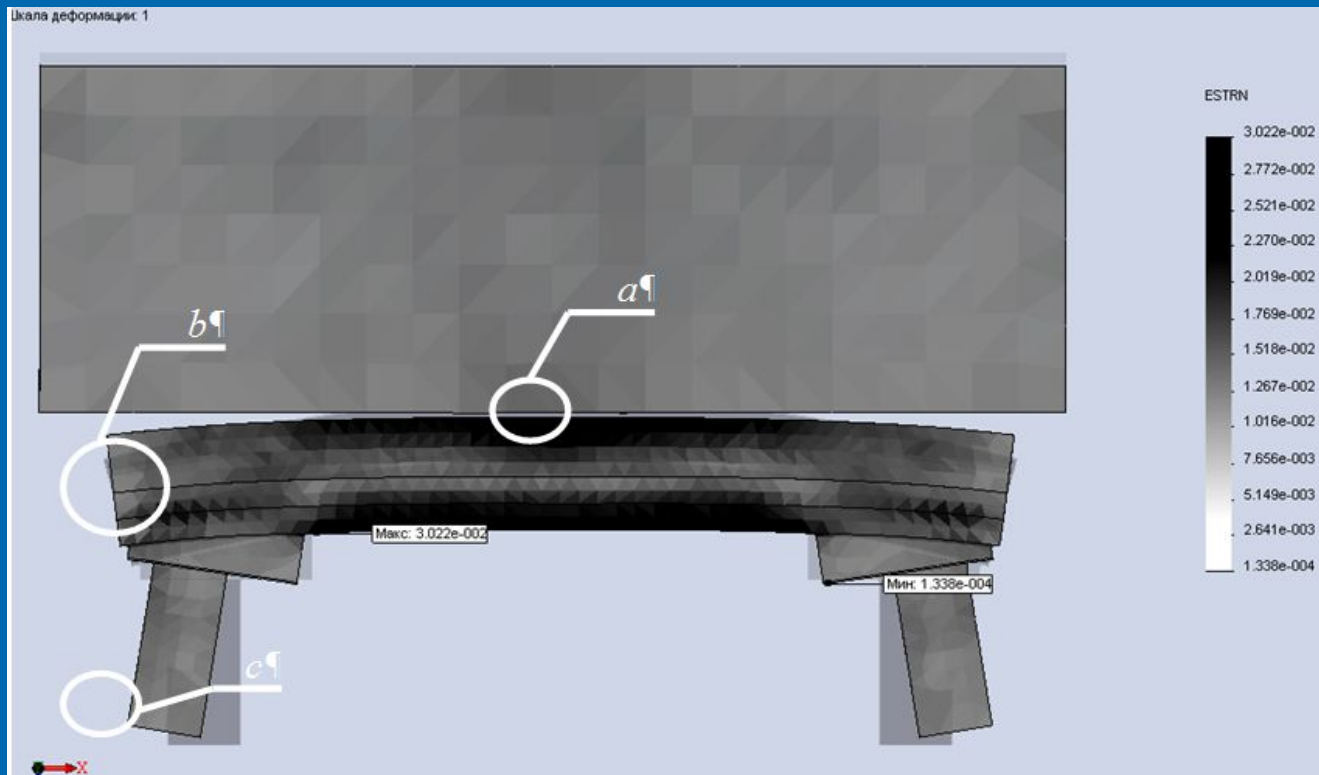
## Основные части бампера автомобиля:

- 1 – наружная пластиковая оболочка (полипропилен);
- 2 – энергопоглощающий наполнитель; 3 – балка (усилитель); 4 – кронштейн



Модель столкновения системы бампера с жестким барьером с нанесенной на объекты сеткой.

Стрелками показаны направления векторов скорости и ускорения свободного падения

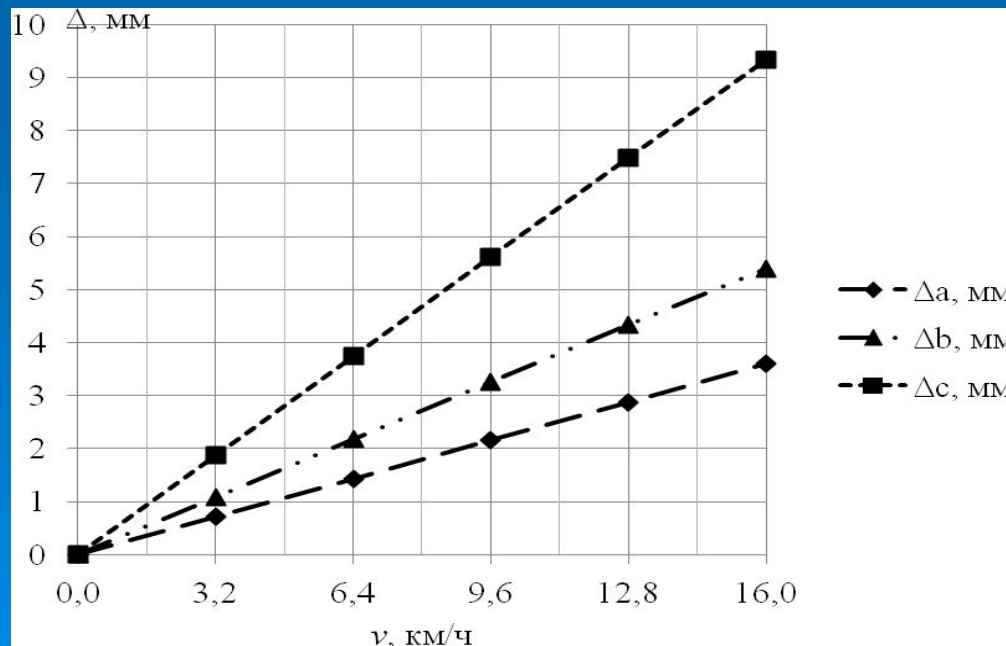


Вид эпюры эквивалентных деформаций с указанием максимальных и минимальных значений



# Результаты испытания системы бампера в интервале скоростей 0–16 км/ч

Скорость столкновения, $v$		Деформации			Эквивалентные напряжения по Мизесу $\sigma$ , МПа	
км/ч	м/с	зона $a$ , $\Delta_a$ , мм	зона $b$ , $\Delta_b$ , мм	зона $c$ , $\Delta_c$ , мм	в месте соединения кронштейна с секцией усилителя	в месте удара
0	0	0	0	0	0	0
3,2	0,89	0,7	1,1	1,9	86,4	48,7
6,4	1,78	1,4	2,2	3,7	172,1	97,6
9,6	2,67	2,2	3,3	5,6	249,7	146,1
12,8	3,56	2,9	4,3	7,5	332,8	193,7
16,0	4,44	3,6	5,4	9,3	407,3	244,2

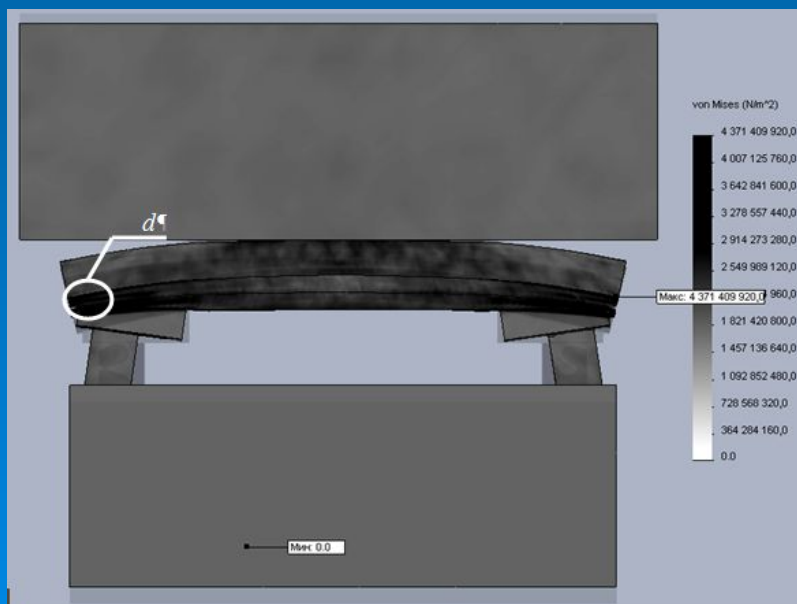


Характер зависимости деформации в зонах  $a$ ,  $b$  и  $c$  от скорости столкновения



## Результаты испытания модифицированной системы бампера в интервале скоростей 0–16 км/ч

Скорость столкновения, $v$		Деформации			Эквивалентные напряжения по Мизесу $\sigma$ , МПа	
км/ч	м/с	зона $a$ , $\Delta_a$ , мм	зона $b$ , $\Delta_b$ , мм	зона $c$ , $\Delta_c$ , мм	в месте соединения кронштейна с секцией усилителя	в месте удара
0	0	0	0	0	0	0
3,2	0,89	0,74	1,97	2,40	107,6	83,5
6,4	1,78	1,48	3,95	4,74	218,1	169,9
9,6	2,67	2,21	5,93	7,02	332,6	260,2
12,8	3,56	2,95	7,94	9,27	459,6	351,6
16,0	4,44	–	–	–	–	–



Особенности распределения  
напряжений  
с учетом воздействия  
автомобиля

## Вывод

Проанализировано влияние изменения основных конструктивных параметров бампера на его напряженно-деформированное состояние:

- наблюдается уменьшение значения критической скорости в 1,67 раз для модели, учитывающей воздействие автомобиля на систему бампера, по сравнению с моделью, не рассматривающей влияние на бампер автомобиля;
- анализ различных соотношений толщин 2-секционного усилителя бампера позволил сделать вывод о преимуществе варианта с толщиной 1-й секции  $t_1=2,2$  мм, 2-й секции  $t_2 = 2$  мм;
- наблюдается улучшение безопасных свойств системы бампера с увеличением толщины энергопоглощающего элемента. Так, использование такого элемента толщиной 30 мм обеспечивает сохранение безопасных функций бампера до достижения скорости 32 км/ч (8,89 м/с), что в 2 раза превышает значение критической скорости бампера подобной конструкции, у которой отсутствует энергопоглощающий элемент.

СПАСИБО ЗА ВНИМАНИЕ

