

УДК 656.08

ОПТИМИЗАЦИЯ ХАРАКТЕРИСТИК СИЛОВОГО ЭЛЕМЕНТА ПАССИВНОЙ БЕЗОПАСНОСТИ ТРАНСПОРТНОГО СРЕДСТВА

Бобров Даниил Евгеньевич,

Студент Высшей инженерной школы (САФУ г. Архангельск)

Лоренц Анатолий Сергеевич,

доцент кафедры инжиниринга транспортно-технологических средств и оборудования,
к.т.н. (САФУ г. Архангельск)

Аннотация

В статье рассматривается улучшенная версия двухсекционной модели усилителя бампера. Так же немного было рассказано про системы безопасности в автомобилях. В статье описан метод разработки и создания энергопоглощающего бампера, способного эффективно амортизировать энергию от столкновения и минимизировать возможные повреждения. Этот новый бампер представляет собой синтез различных материалов и инновационных технологий, что обеспечивает высокую степень защиты в случае аварийного столкновения. Результатом работы является 2-секционный бампер с накладкой из энергопоглощающего элемента. Вес бампера составляет 17,8 кг. Эта модель обладает высокими энергопоглощающими свойствами. При возникновении ДТП на малой и средней скорости он способен снизить риски возникновения травм, а на высокой скорости может поглотить часть энергии удара, тем самым спасти жизни водителя и пассажиров.

Ключевые слова: силовой элемент, модернизация, безопасность транспортного средства, полипропилен, бампер, Компас 3D.

OPTIMIZATION OF THE CHARACTERISTICS OF THE POWER ELEMENT OF THE PASSIVE SAFETY OF THE VEHICLE

Daniil E. Bobrov,

Student of the Higher School of Engineering (SAFU, Arkhangelsk)
e-mail: bobrov.danil14@mail.ru

Anatoly S. Lorenz,

Associate Professor of the Department of Engineering of Transport and Technological Means and Equipment, Candidate of Technical Sciences (SAFU, Arkhangelsk)

ABSTRACT

The article discusses an improved version of the two-section bumper booster model. Also, a little was told about the security systems in cars. The article describes a method for developing

and creating an energy-absorbing bumper that can effectively absorb energy from a collision and minimize possible damage. This new bumper is a synthesis of various materials and innovative technologies, which provides a high degree of protection in the event of an emergency collision. The result of the work is a 2-section bumper with an energy-absorbing element overlay. The weight of the bumper is 17.8 kg. This model has high energy-absorbing properties. In the event of an accident at low and medium speed, it is able to reduce the risk of injury, and at high speed it can absorb part of the impact energy, thereby saving the lives of the driver and passengers.

Keywords: power element, modernization, vehicle safety, polypropylene, bumper, Compass 3D.

Пассивная безопасность – это совокупность компонентов и устройств, которые при аварии предохраняют пассажиров автомобиля. Она включает в себя механизмы и оборудование, предназначенные для защиты водителя и пассажиров от тяжелых травм в момент аварии [1]. Подразделяется внешнюю и внутреннюю. Внешняя пассивная безопасность достигается путем извлечения на наружной поверхности кузова очень острых углов, выступающих ручек и т.д. [2]. Все элементы системы внутренней пассивной безопасности предназначены для обеспечения максимальной защиты водителя и пассажиров в случае аварии [3]. Однако, важно помнить о необходимости правильного использования данного оборудования согласно его назначению [4]. Соблюдение всех установленных производителем правил обеспечивает максимальный уровень защиты. Для улучшения внутренней пассивной безопасности используют множество различных конструктивных решений, таких как конструкция кузова или решетка безопасности [5].

Не модернизированная двухсекционная модель представлена на рисунке 1.

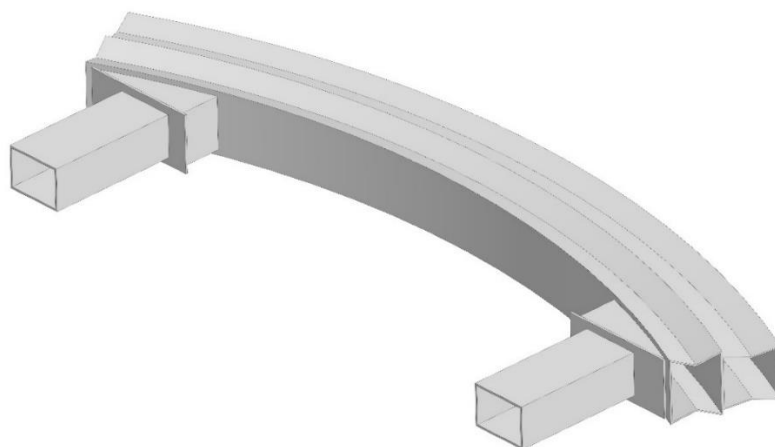


Рисунок 1 – Общий вид 2-секционной модели

Моделирование модернизированного 2-секционного бампера

Эта модель представляет собой модернизированную версию предыдущей. Модернизация заключается в добавлении к фронтальной плоскости первой секции усилителя, энергопоглощающего элемента. Который представлен в виде пластины прямоугольного профиля, изображенной в соответствии с рисунком 2.

В качестве материала был выбран полипропилен.



Рисунок 2 – Энергопоглощающий элемент
Общий вид данной сборки изображен на рисунке 3.

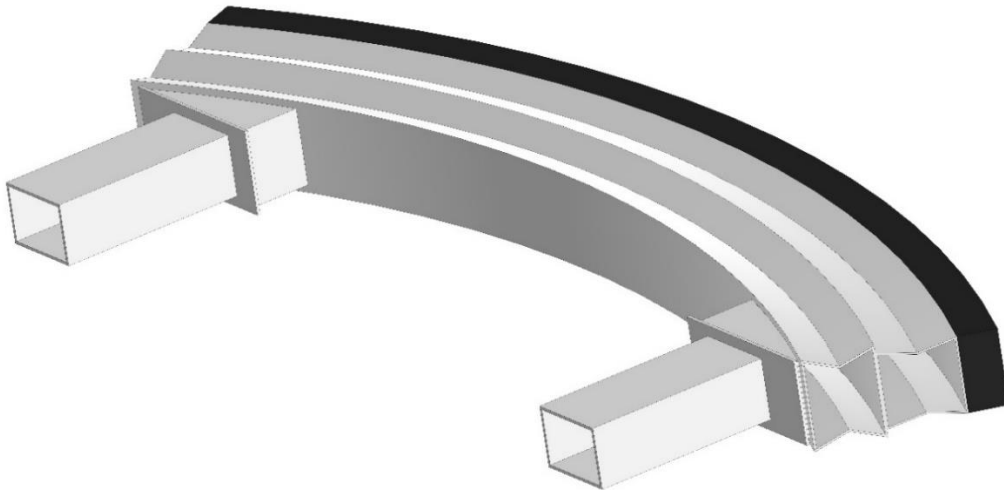


Рисунок 3 – Общий вид сборки
Общий вид профиля усилителя бампера с энергопоглощающим элементом изображен в соответствии с рисунком 4.

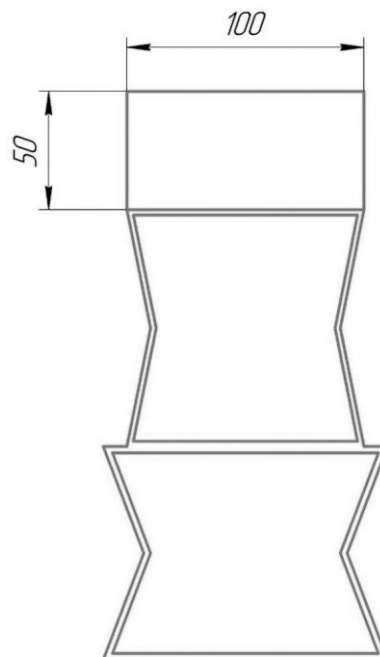


Рисунок 4 – Общий вид профиля усилителя бампера с энергопоглощающим элементом (значения параметров указаны в мм.)

Для того чтобы смоделировать испытания на напряженно-деформационные нагрузки нам необходимо будет воспользоваться приложением APM FEM.

Чтобы смоделировать удар, необходимо знать силу удара, которая будет действовать на спроектированные модели.

Воспользуемся формулой для определения силы удара, которая действует на физическое тело при контакте с другим физическим телом

$$F = m \cdot (V1 - V2)/dt \quad (1)$$

где F- сила удара в ньютонах;

m - масса тела в килограммах;

V1 - скорость тела в начале удара в м/с;

V2 - скорость тела после удара в м/с;

dt - время контакта.

Тесты будут проходить на скорости 10,18,30,60,80 км/ч [6].

Массу тела примем равной среднему весу легкового автомобиля m - 1500 кг.

Время контакта принимаем dt - 0,6 с.

$$F1 = 1500 \cdot (2,7-0)/0,6 = 6750 \text{ Н}$$

$$F2 = 1500 \cdot (5-0)/0,6 = 12500 \text{ Н.}$$

$$F3 = 1500 \cdot (8,3-0)/0,6 = 20750 \text{ Н.}$$

$$F4 = 1500 \cdot (16,7-0)/0,6 = 41750 \text{ Н.}$$

$$F5 = 1500 \cdot (22,2-0)/0,6 = 55500 \text{ Н.}$$

Далее при помощи программы APM FEM для каждой модели будет приложена распределенная сила (F), задано закрепление и построена КЭ сетка.

Расчеты

Эта модель является улучшенной версией 2-секционной модели. Сюда была добавлена накладка из энергопоглощающего элемента. Она изготовлена из полипропилена, так как данный материал обладает высоким энергопоглощающим свойством. Вес модифицированной модели составляет 17,8 кг. Исходя из этого можно понять, что накладка из полипропилена весит 6,48 кг. Основные механические свойства материала: Полипропилен 21003 ГОСТ 26996-86, представлены в таблице 1.

Таблица 1 - Механические характеристики Полипропилен 21003

Предел текучести [Н/мм ²]	50
Модуль упругости нормальный [Н/мм ²]	900
Коэффициент Пуассона	0.3
Плотность [кг/мм ³]	0.000001
Температурный коэффициент линейного расширения [1/°C]	0.0001
Теплопроводность [Вт/(°C*мм)]	0.000055
Предел прочности при сжатии [Н/мм ²]	60
Предел прочности (Временное сопротивление) [Н/мм ²]	35
Предел выносливости при растяжении [Н/мм ²]	30
Предел выносливости при кручении [Н/мм ²]	20

После того как был задан материал, были приложены распределенные нагрузки, изображенные в соответствии с рисунком 5, и заданы закрепления модели.

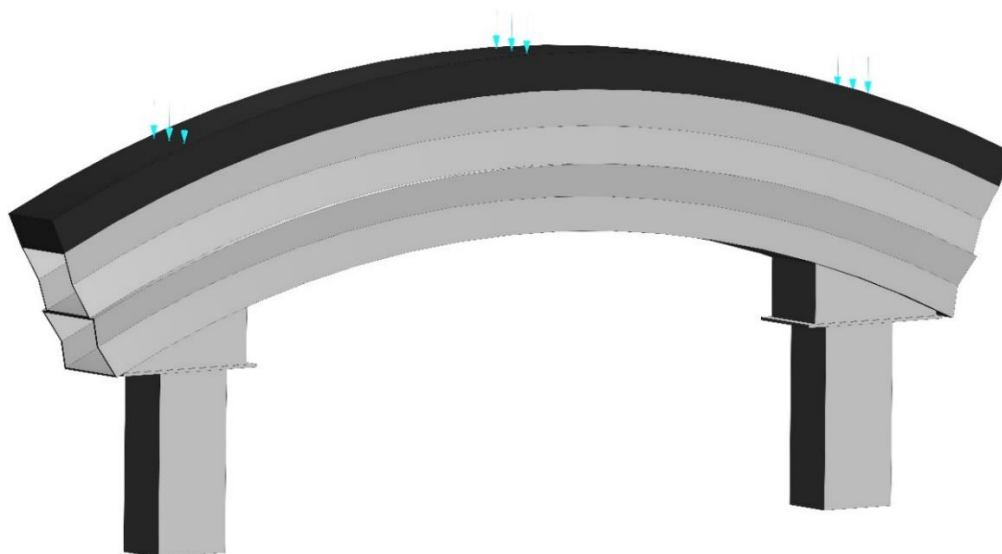


Рисунок 5- Расположение приложенных нагрузок на модели

Следующим этапом также необходимо создать конечно-элементную сетку, которая изображена на рисунке 6. Общее количество элементов в этой сборке составляет 97767 единиц, а количество узлов - 191261. Это позволяет создавать детальные и реалистичные модели твёрдых тел.

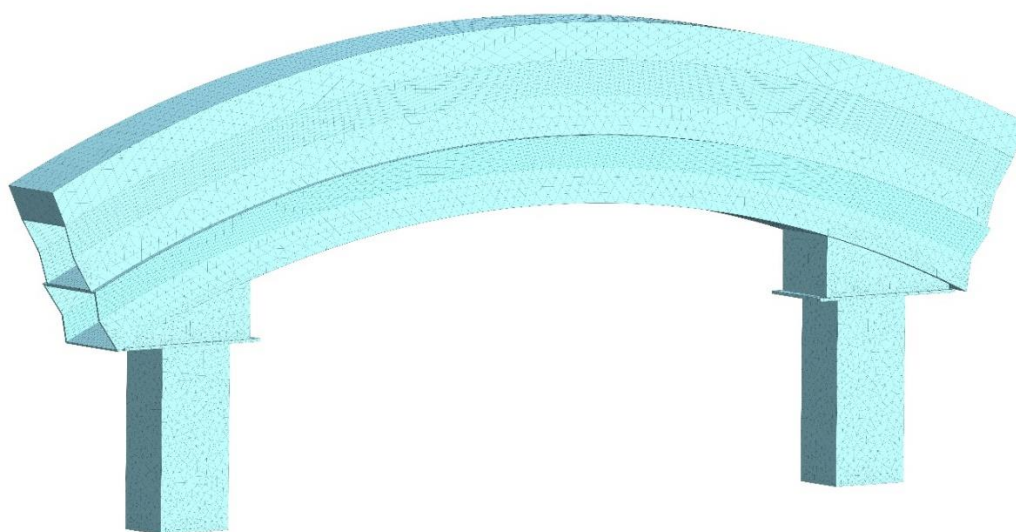


Рисунок 6 – Модель модернизированного усилителя с нанесенной сеткой

Результаты испытаний модернизированной модели бампера представлены в таблице

2.

Таблица 2 – Результаты испытания модернизированной модели бампера

Скорость столкновения, v		Деформации Перемещение, мм.	Эквивалентные напряжения по Мизесу σ , МПа	
км/ч	м/с		Мин	Макс
0	0	0	0	0
10	2,7	0,17	0,005	40,5
18	5	0,32	0,009	75,1
30	8,3	0,53	0,015	124,6
60	16,7	1,07	0,03	250,7
80	22,2	1,43	0,04	333,3

На рисунке 7, изображена сборка модели, на которую, была приложена распределённая нагрузка 12500 Н, цветом изображено суммарное линейное перемещение.

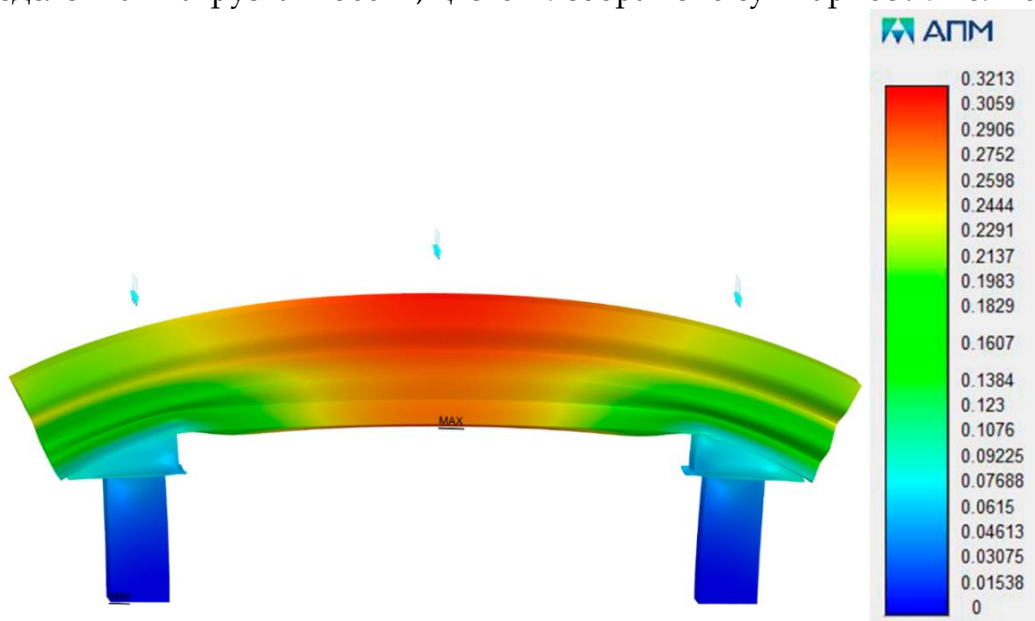


Рисунок 7 – Суммарное линейное перемещение доработанной модели

На рисунке 8, изображена сборка модели, на которую была приложена распределённая нагрузка 12500 Н. Цветом изображены эквивалентные напряжения.

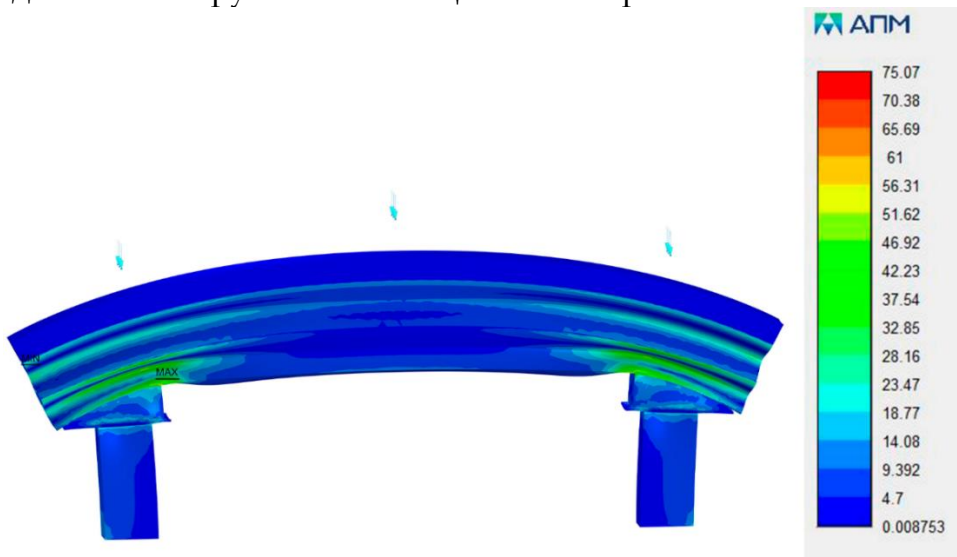


Рисунок 8 – Эквивалентные напряжения модели (Значения указаны в Н/мм²)

После проведения всех расчетов, был произведён сравнительный анализ моделей бамперов (Таблица 3). Из которого следует, что двухсекционная модель обладает высокими энергопоглощающими свойствами, но её можно модернизировать путём добавления накладки из полипропилена и по результатам расчетов видно, что на скорости 18 км/ч. Максимальное значение эквивалентного напряжения по Мизесу в 2 раза ниже.

Таблица 3 – Сравнительная таблица моделей

Скорость	2-Секционная модель	Модернизированная 2-секционная модель
	Эквивалентное напряжение по Мизесу, МПа	
10	83	40,5
18	153,9	75,1

30	255,4	124,6
60	513,8	250,7
80	683,1	333,3

В заключение, следует отметить, что создание модернизированного бампера для автомобиля, способного существенно влиять на безопасность, является важным шагом в развитии автомобильной индустрии. Такой бампер предоставляет не только защиту от столкновений с другими транспортными средствами, но и обладает дополнительными функциональными особенностями, улучшающими безопасность вождения.

Более того, такой бампер может быть разработан с использованием современных материалов, способных поглощать удары и сокращать возможные повреждения автомобиля и его пассажиров.

Список литературы:

1. Пассивная безопасность автомобиля [Электронный ресурс]: Учебные материалы – Режим доступа: <https://works.doklad.ru/view/orLpie8khJ8.html>, свободный (дата обращения: 10.05.2023). – Загл. с экрана
2. Устройство и принцип работы системы пассивной безопасности SRS [Электронный ресурс]: ТехАвтоПорт про автомобили в деталях – Режим доступа: <https://techautoport.ru/sistemy-bezopasnosti/passivnaya/sistema-srs.html>, свободный (дата обращения: 10.05.2023). – Загл. с экрана
3. Особенности пассивной безопасности автомобиля: важные составляющие внутренней и внешней безопасности, общие требования [Электронный ресурс]: Стандарт-Авто – Режим доступа: <https://avtostandard-m24.ru/avtomobil-drugoe/passivnaya-sistema-bezopasnosti-avtomobilya.html>, свободный (дата обращения : 10.05.2023). – Загл. с экрана
4. Системы активной и пассивной безопасности автомобиля [Электронный ресурс]: CarProfy – Режим доступа: <https://carprofy.ru/sistemy-bezopasnosti/sistemy-aktivnoj-i-passivnoj-bezopasnosti-avtomobilya/>, свободный (дата обращения: 03.05.2023). – Загл. с экрана
5. Активная и пассивная безопасность автомобиля: что это такое, назначение, компоненты [Электронный ресурс]: Motorist.guru – Режим доступа: <https://motorist.guru/ustrojstvo/aktivnaya-i-passivnaya-bezopasnost-avtomobilya.html>, свободный (дата обращения: 04.05.2023). – Загл. с экрана.
6. Как увеличить безопасность автомобиля [Электронный ресурс] : WheelNews.ru - автоподбор с гарантией – Режим доступа : <https://wheelnews.ru/kak-velichit-bezopasnost-avtomobilya/>, свободный (дата обращения : 10.05.2023). – Загл. с экрана

References:

1. Passive safety of the car [Electronic resource]: Educational materials – Access mode: <https://works.doklad.ru/view/orLpie8khJ8.html>, free (accessed: 05/10/2023). – Blank from the screen

2. Device and principle of operation of the SRS passive safety system [Electronic resource]: Techavtoport about cars in details - Access mode: <https://techavtoport.ru/sistemy-bezopasnosti/passivnaya/sistema-srs.html>, free (accessed: 05/10/2023). - Blank from the screen
3. Features of passive car safety: important components of internal and external security, general requirements [Electronic resource]: Standard-Auto - Access mode: <https://avtostandart-m24.ru/avtomobili-drugoe/passivnaya-sistema-bezopasnosti-avtomobilya.html>, free (accessed: 05/10/2023). - Blank from the screen
4. Active and passive car safety systems [Electronic resource]: CarProfy - Access mode: <https://carprofy.ru/sistemy-bezopasnosti/sistemy-aktivnoj-i-passivnoj-bezopasnosti-avtomobilya/>, free (accessed 03.05.2023). - Blank from the screen
5. Active and passive car safety: what is it, purpose, components [Electronic resource]: Motorist.guru - Access mode: <https://motorist.guru/ustrojstvo/aktivnaya-i-passivnaya-bezopasnost-avtomobilya.html>, free (accessed: 05/04/2023). - Blank from the screen.
6. How to increase the safety of the car [Electronic resource]: WheelNews.ru - auto-assembly with a guarantee - Access mode: <https://wheelnews.ru/kak-uvlichit-bezopasnost-avtomobilya/>, free (accessed: 05/10/2023). - Blank from the screen.