

УДК 656.08

МОДЕРНИЗАЦИЯ СИСТЕМЫ ПАССИВНОЙ БЕЗОПАСНОСТИ ТРАНСПОРТНОГО СРЕДСТВА ПУТЕМ СОЗДАНИЯ ЭНЕРГОПОГЛОЩАЮЩЕГО БАМПЕРА

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 модернизация системы пассивной безопасности легкового транспортного средства путем создания энергопоглощающего бампера. Рассматриваются существующие системы пассивной безопасности. Анализируются текущие тенденции и требования в области безопасности дорожного движения от чего делается вывод о том, что необходима разработка более эффективного бампера в легковом классе автомобилей до полутора тонн. Также в данной статье немного описан метод моделирования и после был смоделирован энергопоглощающий алюминиевый бампер, который сравнили со штатным вариантом усилителя бампера от автомобиля Kia Rio, так же данный вариант усилителя по форме и геометрическим параметрам схож с усилителем от автомобиля Hyundai Solaris, а в свою очередь эти две модели автомобилей по статистике являются очень популярными в классе легковых автомобилей. Результатом работы является двухсекционный алюминиевый бампер.

Ключевые слова: передний бампер, система пассивной безопасности, безопасность, 3D модель, модернизация пассивной безопасности, легковой автомобиль.

MODERNIZATION OF THE PASSIVE SAFETY SYSTEM OF THE VEHICLE BY CREATING AN ENERGY-ABSORBING BUMPER

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 the modernization of the passive safety system of a passenger vehicle by creating an energy-absorbing bumper. The existing passive safety systems are considered. The current trends and requirements in the field of road safety are analyzed, from which it is concluded that it is necessary to develop a more efficient bumper in the passenger class of cars up to one and a half tons. Also in this article, the modeling method is described a little and then an energy-absorbing aluminum bumper was modeled, which was compared with the standard version of the bumper amplifier from the Kia Rio car, as well as this version of the amplifier in shape and geometric parameters is similar to the amplifier from the Hyundai Solaris car, and in turn, these two car models are statistically very popular in class of passenger cars. The result of the work is a two-piece aluminum bumper.

Keywords: front bumper, passive safety system, safety, 3D model, passive safety modernization, passenger car.

С непрерывным развитием экономики нашей страны, автомобили становятся все более популярными как современное средство передвижения, и количество автомобилей растет год от года. Современные виды транспорта включают в себя автомобили, мотоциклы, велосипеды, электрические скутеры, автобусы, поезда, самолеты и многие другие. Однако автомобиль является более удобным средством передвижения по сравнению с другими видами транспорта. С автомобилем вы можете ехать в любое время и в любом направлении, а также останавливаться на дороге, когда вам удобно, в отличие от общественного транспорта, который работает на определенных маршрутах и графиках. Автомобиль позволяет вам на месте выбрать оптимальный маршрут и избежать необходимости следовать по пробкам. Кроме того, автомобиль является одним из самых быстрых и удобных средств передвижения на дистанциях средней и большой длины [1].

Среди комплекса современных автомобильных устройств особый интерес вызывают средства пассивной безопасности, которые призваны обеспечить выживание и снизить число полученных травм водителя и пассажиров в случае дорожно-транспортного происшествия. Пассивная безопасность автомобиля представляет собой меры, направленные на смягчение последствий аварии, и подразделяется на внутреннюю и внешнюю.

В автомобилях бампер – это компонент, который размещается в передней и задней части автомобиля. Он разработан, чтобы выдерживать и уменьшать количество ударов с учетом систем безопасности автомобиля. Однако во время столкновений на высокой скорости они не в состоянии уменьшить ущерб, причиняемый транспортному средству, но бамперы усовершенствованного уровня разрабатываются для уменьшения травматизма пешеходов, сбитых автомобилями. Основное назначение автомобильного бампера – уменьшить удар при столкновении. Они устанавливаются на передней и задней частях автомобиля, которые являются наиболее уязвимыми местами при авариях на низкой скорости. Это повышает управляемость и эксплуатационные характеристики автомобиля [2].

По данным на 1 января 2023 года в Российской Федерации было зарегистрировано 55,87 миллионов единиц автомобильной техники. Около 81 процента от этого числа приходится на легковой транспорт, если перевести в числовое значение – это порядка 45,39 миллионов автомобилей [3].

К элементам пассивной безопасности автомобиля относятся:

- Рулевая колонка;

- Педальный узел;
- Ремни безопасности;
- Сиденья и подголовники;
- Подушки безопасности;
- Кузов и двери;
- Передний и задний бамперы;
- Закаленные стекла;
- Боковые защитные устройства (у грузовых автомобилей);
- Детская удерживающая система;
- Дуги безопасности;
- Элементы интерьера [4].

Передний и задний бамперы на автомобиле являются частью пассивной безопасности. Они предназначены для защиты автомобиля и его пассажиров в случае дорожно-транспортного происшествия.

Передний бампер, изображенный на рисунке 1:

При столкновении на небольшой скорости он может поглотить часть ударной энергии и предотвратить повреждение более крупных деталей автомобиля таких как капот, крылья и, в частности, радиатор;

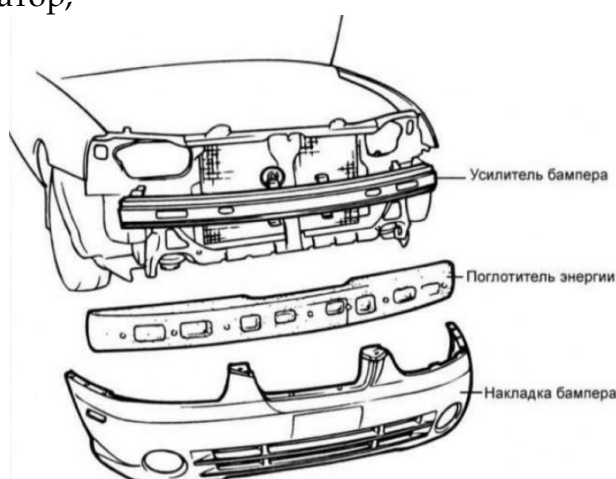


Рисунок 1 – Передний бампер автомобиля

В случае столкновения на большой скорости он снижает ударную силу и намного уменьшает риск травмирования водителя и пассажиров [5].

Анализ статистики ДТП, представленный на рисунке 2, показывает, что наиболее вероятным местом столкновения автомобиля является его передняя часть (водительская) – 32% [6].



Рисунок 2 – Распределение ДТП, по виду столкновения, в которых были погибшие или пострадавшие

В этой работе необходимо будет провести сравнительный анализ двух моделей, а именно:

В качестве штатного варианта усилителя бампера, была взята модель от автомобиля Kia Rio, так же данный вариант усилителя по форме и геометрическим параметрам схож с усилителем от автомобиля Hyundai Solaris, а в свою очередь эти две модели автомобилей по статистике являются очень популярными в классе легковых автомобилей.

В качестве второго варианта была спроектирована модель бампера, состоящая из алюминиевого усилителя в виде двухсекционной балки, имеющей специальные области деформации, кронштейнов и продольных балок, жёстко соединённых между собой.

Моделирование всех элементов и сборок осуществлялось при помощи программы для трехмерного моделирования Компас 3D.

Первая модель: Эта модель представляет собой пластину или балку, которая крепится к кузову при помощи кронштейнов. Общий вид сборки изображен в соответствии с рисунком 3.

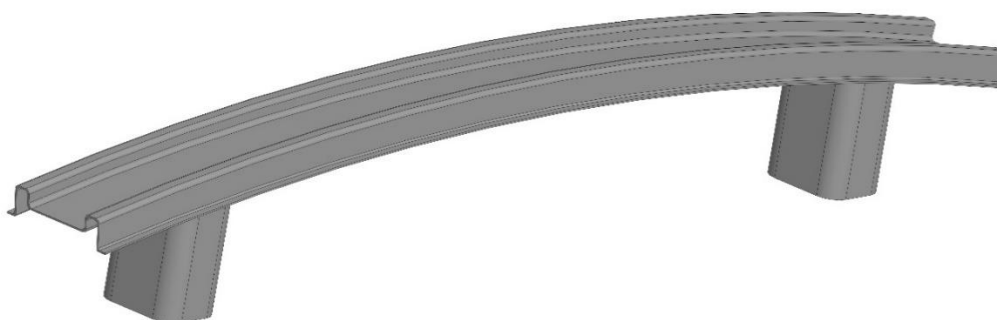


Рисунок 3 – Общий вид 1 сборки

Вторая модель: Геометрические размеры и форма данной модели являются уникальным представлением промышленного дизайна систем бамперов. Модель обладает усилителем в виде 2-секционной балки, кронштейнов и продольных балок, которые твердо связаны между собой, что является необычным для данного типа продукта.

Общий вид сборки изображен в соответствии с рисунком 4.

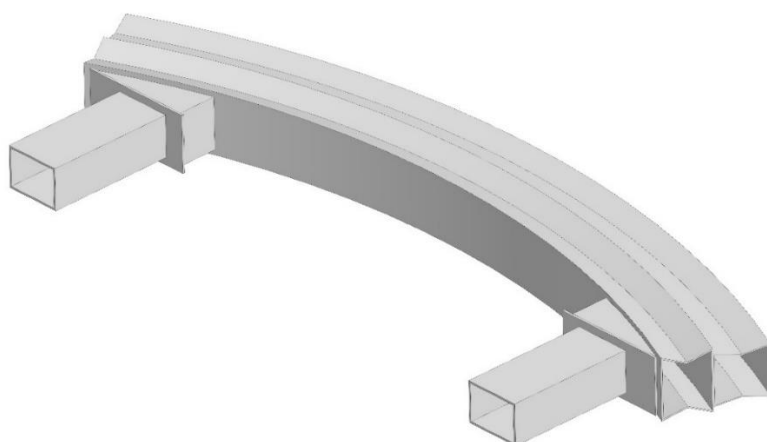


Рисунок 4 – Общий вид 2 сборки

Общие параметры сборки показаны в соответствии с рисунком 5.

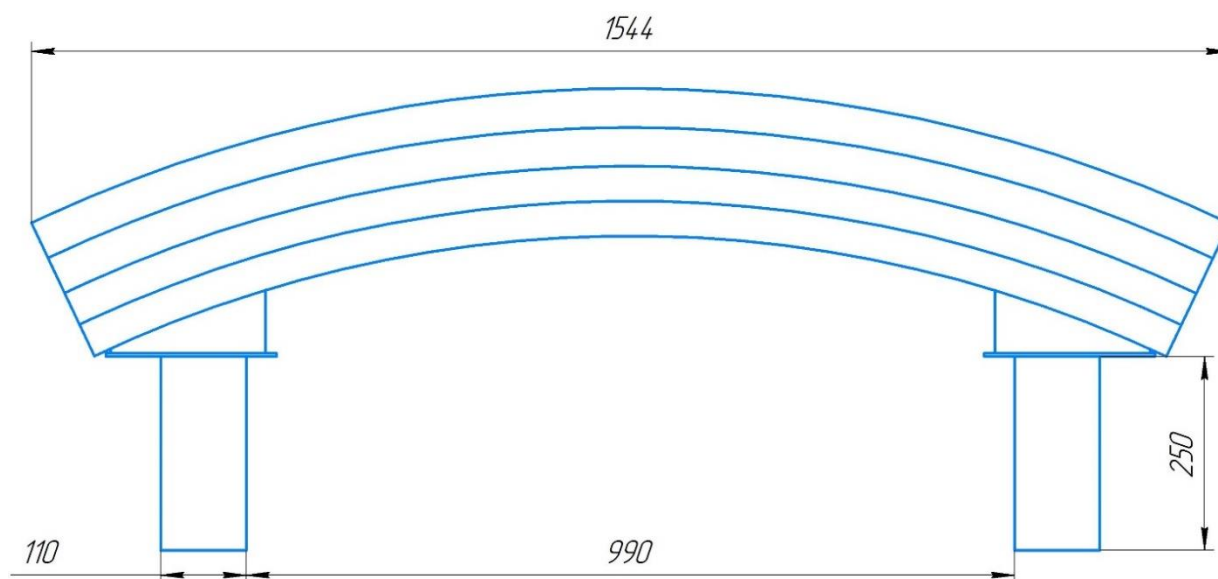


Рисунок 5 – Общие параметры сборки (значения размеров приведены в мм.)

В соответствии с рисунком 6, представлен общий вид двухсекционного профиля усилителя бампера. С нанесёнными на него геометрическими размерами.

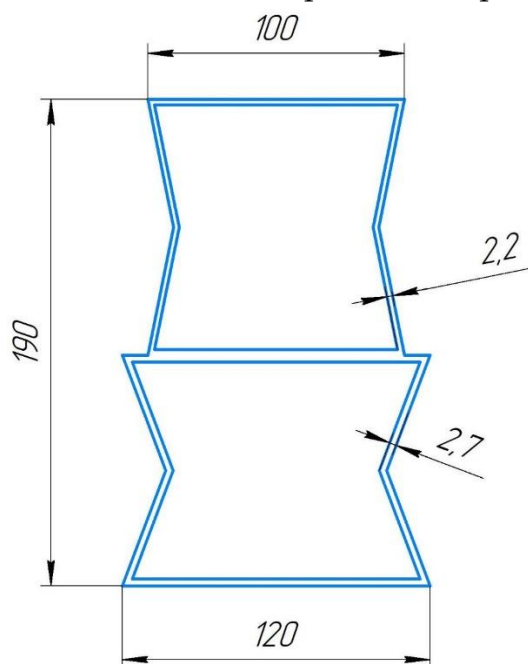


Рисунок 6 – Общий вид двухсекционного профиля усилителя бампера (значения параметров указаны в мм.)

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

АРМ FEM – это система прочностного анализа, предназначенная для работы в интерфейсе российской САД – системы КОМПАС-3D.

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;

V_1 – скорость тела в начале удара в м/с;

V_2 – скорость тела после удара в м/с;

dt – время контакта.

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

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

Время контакта принимаем $dt = 0,6$ с.

$$F_1 = 1500 \cdot (2,7 - 0) / 0,6 = 6750 \text{ Н}$$

$$F_2 = 1500 \cdot (5 - 0) / 0,6 = 12500 \text{ Н}$$

$$F_3 = 1500 \cdot (8,3 - 0) / 0,6 = 20750 \text{ Н}$$

$$F_4 = 1500 \cdot (16,7 - 0) / 0,6 = 41750 \text{ Н}$$

$$F_5 = 1500 \cdot (22,2 - 0) / 0,6 = 55500 \text{ Н}$$

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

На рисунке 7, изображена модель, на которую была приложена распределенная нагрузка 12500 Н. Цветом изображены эквивалентные напряжения.

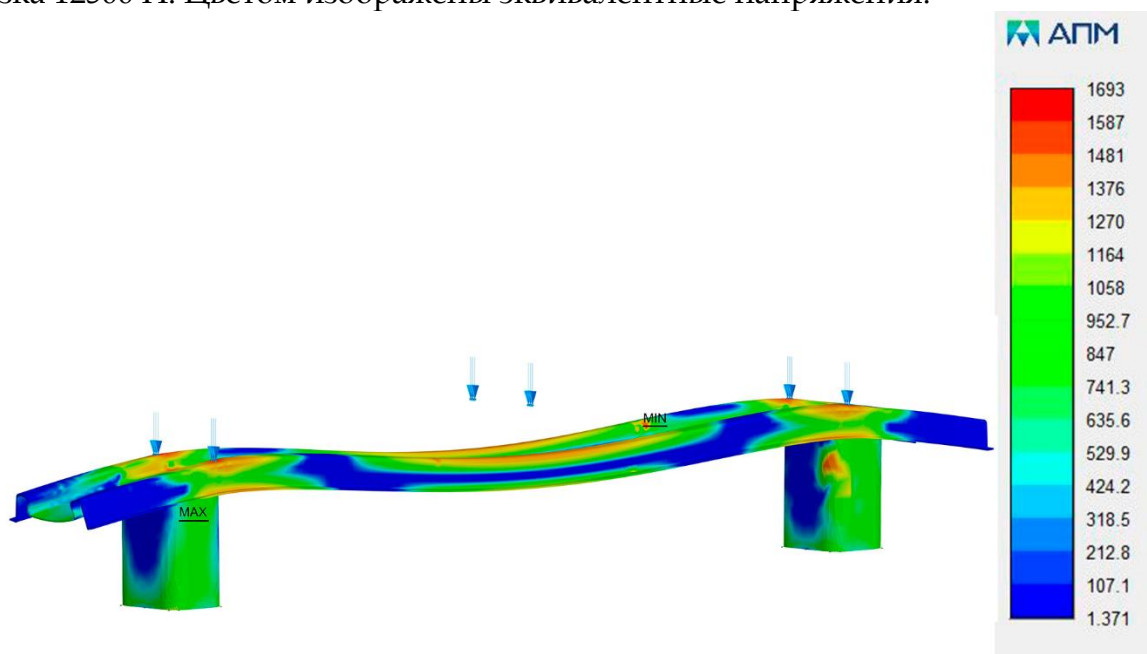


Рисунок 7 – Эквивалентные напряжения модели (значения указаны в Н/мм²)

Для 2-секционной модели в качестве материала я выбрал алюминий.

Мой выбор основывается несколькими причинами:

1. Вес: Алюминий легче стали почти на 60 процентов, что означает, что детали, изготовленные из этого материала, имеют меньшую массу;
2. Энергопоглощение: Алюминиевые детали кузова автомобиля жестче, но несмотря на это они лучше поглощают ударную энергию;
3. Коррозийная стойкость: Алюминий не подвержен коррозии, в отличие от стали, которая подвержена ржавлению и другим видам коррозии;
4. Экологичность: Изготовление кузовов из алюминия требует меньшего количества энергии, что делает его более экологичным и устойчивым к воздействию окружающей среды.

Масса данной модели составляет 11,32 кг. Бампер получился достаточно прочным и относительно лёгким вследствие использования Алюминия, а именно Д16 ГОСТ 4784-2019.

На рисунке 8, изображена модель, на которую была приложена распределенная нагрузка 12500 Н. Цветом изображены эквивалентные напряжения.

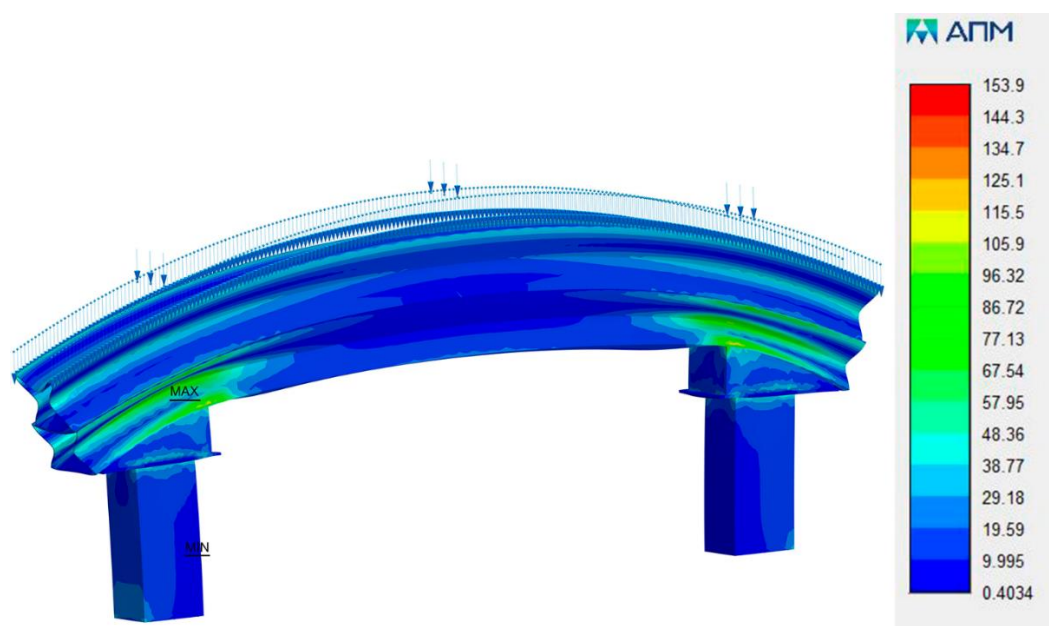


Рисунок 8 – Эквивалентные напряжения модели (значения указаны в Н/мм²)

После проведения всех расчетов, был произведён сравнительный анализ двух моделей бамперов (табл. 1). Из которого следует, что штатный усилитель бампера не обеспечивает должной степени защиты, что нельзя сказать про 2-секционную модель.

Таблица 1 – Сравнительная таблица двух моделей

Скорость	Штатная модель	2-Секционная модель
	Эквивалентное напряжение по Мизесу, МПа	
10	914	83
18	1692,7	153,9
30	2809,8	255,4
60	10228	513,8
80	38085,5	683,1

Результатом работы является 2-секционный бампер из алюминия, который согласно расчетам на скорости 18 км/ч., обладает более высокими свойствами энергопоглощения. Согласно таблице 1, значение максимального эквивалентного напряжения по Мизесу этой модели в 11 раз ниже, чем у штатной модели бампера в легковом классе автомобилей.

Таким образом, модернизация системы пассивной безопасности путем создания энергопоглощающего бампера является неотъемлемой частью современного автомобильного производства. Такие бамперы могут существенно снизить травматизм в случае ДТП и способствовать сохранению жизни людей.

Список литературы:

1. В российском автопарке - почти 56 млн транспортных средств [Электронный ресурс] – Автостат. Аналитическое агенство, 2023 – Режим доступа: <https://www.autostat.ru/news/53953/>, свободный (дата обращения: 10.05.2023). – Загл. с экрана
2. Обзор о дорожно-транспортной аварийности в Российской Федерации за 9 месяцев 2022 года [Электронный ресурс]: ГКУ РО Центр безопасности дорожного движения –

- Режим доступа : <https://cbddro.donland.ru/presscenter/news/143228/>, свободный (дата обращения : 10.05.2023). – Загл. с экрана
3. Статистика ДТП 2022: кто кого [Электронный ресурс] : Автотяга, 2022 – Режим доступа : <https://автотяга.рф/blog/articles/statistika-dtp-2022-kto-kogo-/>, свободный (дата обращения : 10.05.2023). – Загл. с экрана
 4. Как увеличить безопасность автомобиля [Электронный ресурс] : WheelNews.ru - автоподбор с гарантией – Режим доступа : <https://wheelnews.ru/kak-uvlichit-bezopasnost-avtomobilya/>, свободный (дата обращения : 10.05.2023). – Загл. с экрана
 5. Системы пассивной безопасности: вчера и сегодня [Электронный ресурс] : Дром, 2014 – Режим доступа : <https://www.drom.ru/info/misc/27478.html>, свободный (дата обращения : 10.05.2023). – Загл. с экрана
 6. 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

References:

1. There are almost 56 million vehicles in the Russian fleet [Electronic resource] – Autostat. Analytical Agency, 2023 – Access mode: [https://www.autostat.ru/news/53953 /](https://www.autostat.ru/news/53953/), free (accessed: 05/10/2023). – Blank from the screen
2. Review of road traffic accidents in the Russian Federation for 9 months of 2022 [Electronic resource]: GKU RO Road Safety Center - Access mode: [https://cbddro.donland.ru/presscenter/news/143228 /](https://cbddro.donland.ru/presscenter/news/143228/), free (accessed: 05/10/2023). – Blank from the screen
3. Traffic accident statistics 2022: who is who [Electronic resource]: Avtotyaga, 2022 – Access mode: <https://автотяга. rf/blog/articles/statistika-dtp-2022-kto-kogo-/>, free (accessed 10.05.2023). – Blank from the screen
4. 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 /](https://wheelnews.ru/kak-uvlichit-bezopasnost-avtomobilya/), free (accessed: 05/10/2023). – Blank from the screen
5. Passive security systems: yesterday and today [Electronic resource]: Drom, 2014 – Access mode: <https://www.drom.ru/info/misc/27478.html>, free (accessed: 05/10/2023). – Blank from the screen
6. Active and passive car safety systems [Electronic resource]: CarProfy – Access mode: [https://carprofy.ru/sistemy-bezopasnosti/sistemy-aktivnoj-i-passivnoj-bezopasnosti-avtomobilya /](https://carprofy.ru/sistemy-bezopasnosti/sistemy-aktivnoj-i-passivnoj-bezopasnosti-avtomobilya/), free (accessed 03.05.2023). – Blank from the screen