

УДК 629.29.00

DOI: 10.33868/0365-8392-2025-1-282-23-28

© М. Г. Михалевич, докт. техн. наук, професор кафедри автомобілів ім. А. Б. Гредескула, ORCID: 0000-0001-9890-3838, e-mail: mkolyag@gmail.com;
 © В. О. Шаповаленко, асистент кафедри автомобілів ім. А. Б. Гредескула, ORCID: 0000-0002-5770-0740, e-mail: vladislav-shapovalenko@ukr.net (Харківський національний автомобільно-дорожний університет)

© Mykola Mykhalevych, Doctor of Technical Sciences A. B. Gredeskul Department of Automobiles, ORCID: 0000-0001-9890-3838, e-mail: mkolyag@gmail.com;
 © Vladyslav Shapovalenko, assistant A. B. Gredeskul Department of Automobiles, ORCID: 0000-0002-5770-0740, e-mail: vladislav-shapovalenko@ukr.net (Kharkiv National Automobile and Highway University)

ПОРІВНЯННЯ ВАГОВИХ ТА ГАБАРИТНИХ ПАРАМЕТРІВ ЛЕГКОВОГО АВТОПАРКУ УКРАЇНИ В КОНТЕКСТІ БОКОВОГО УДАРУ

COMPARISON OF WEIGHT AND DIMENSIONAL PARAMETERS OF THE PASSENGER CAR FLEET OF UKRAINE IN THE CONTEXT OF A SIDE IMPACT

Анотація. Сьогодні у світі відсутня єдина класифікація автомобілів. Європейська система розподілу налічує 12 класів автомобілів, у США їх існує 7. Європейський комітет з проведення незалежних краш-тестів EuroNCAP розділяє автомобілі на 9 класів. У кожній класифікації є клас автомобілів SUV (sport utility vehicle) – спортивно-утилітарні транспортні засоби, популярні на ринку нових автомобілів. Український ринок не залишився осторонь від цієї тенденції. Наразі приблизно 40 % ринку нових автомобілів, що реалізуються в Україні, це саме транспортні засоби класу SUV. Під час проведення незалежних краш-тестів, які перевіряють бокову безпеку водія та пасажирів, енергія удару поширюється та поглинається боковими порогами, дверними стійками та брусами безпеки, які розташовані всередині дверей. На жаль, відсутні види краш-тестів між автомобілями різних масово-габаритних параметрів, наприклад, коли в легковий автомобіль відбувається удар збоку транспортним засобом класу SUV. Основна проблема постає в тому, що висота поперечної балки у SUV розташована вище ніж бруси безпеки в дверях легкового автомобіля. Таким чином складно спрогнозувати розподіл кінетичної енергії удару та ступінь травмування водія та пасажирів легкового транспортного засобу.

Ключові слова: боковий удар, краш-тест, автомобільний парк, масово-габаритні параметри, пасивна безпека.

Abstract. Currently, there is no single classification of car classes in the world. The European car classification system has 12 classes, in the USA there are 7 classes, the European Committee for Independent Crash Testing EuroNCAP divides cars into 9 classes. In each classification there is a class of cars SUV (sport utility vehicle) - sports utility vehicles, which are in demand in the new car market. The Ukrainian market did not stay away from this trend. Currently, approximately 40% of the new car market sold in Ukraine is SUV class vehicles. Considering the mass and dimensions of these vehicles in comparison with conventional passenger cars, the question arises of the correspondence of the mass and dimensions of the trolley with which the side impact is simulated by organizations conducting independent crash tests. Having analyzed the features of conducting side crash tests, we can see that the cart that simulates a side impact of a car has the mass dimensions of an average passenger car. That is, crash tests simulate a collision between two passenger cars. Experts predict that by 2035 the world's car fleet will reach 2 billion cars. This trend inevitably leads to an increase in road accidents. During independent crash tests that check the side safety of the driver and passengers, the impact energy is distributed and absorbed by the side sills, door pillars and safety bars located inside the doors. Unfortunately, there are no types of crash tests between cars of different mass and dimensions, for example, when a passenger car is hit from the side by an SUV. The main problem is that the height of the crossbar with crash boxes in an SUV is higher than the safety bars in the doors of a passenger car. Thus, it is difficult to predict the distribution of kinetic energy of the impact and the severity of injury to the driver and passengers of a passenger vehicle.

Keywords: side impact, crash test, vehicle fleet, mass and dimensions, passive safety.

Вступ

Популярність сегменту SUV (sport utility vehicle) – спортивно-утилітарних транспортних засобів зростає з початку 90-х років минулого століття. У країнах з розвинутою економікою минулого року продажі SUV досягли близько 20 мільйонів, вперше перевищивши частку ринку в 50 %. Ця перевага більшим транспортним засобам також поширюється і на країни, що розвиваються, де частка SUV у загальному обсязі продажів відображає таку тенденцію. Більшість SUV є транспортними засобами зі звичайним двигуном внутрішнього згоряння [1].

Основна частина

Транспортні засоби класу SUV з роками стали досить популярними на території України. Враховуючи світову тенденцію та маркетингову політику, потенційні покупці стали надавати перевагу транспортним засобам, які за своїми масово-габаритними параметрами схожі на класичні позашляховики. Адже це дає змогу активно використовувати їх за межами міста. Аналіз кількості реалізованих транспортних засобів класу SUV [1] показує щорічне збільшення. Так, вже у 2022 році цей показник становив 75 % від загальної кількості реалізованих транспортних засобів (рис. 1).

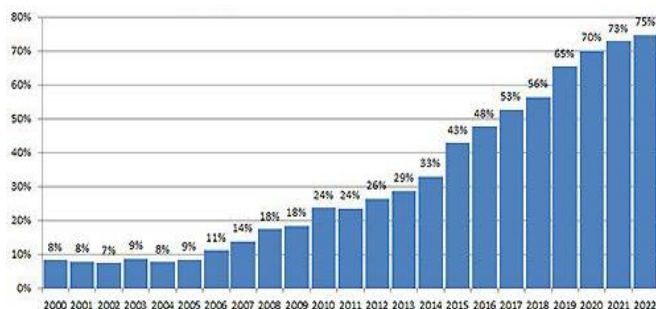


Рис. 1. Частка транспортних засобів класу SUV в Україні за період 2000–2022 роки [1]

Аналітика продажів транспортних засобів сегменту SUV у 2023 році в Україні показала, що було реалізовано 82 % SUV від загальної частки усіх проданих нових автомобілів. Експерти прогнозують стабільний показник на наступні роки на рівні 80 % [2].

Для того, щоб зрозуміти чому в наш час таку популярність набули транспортні засоби класу SUV потрібно розглянути висновки аналітичного дослідження, яке проводилось у країнах

Європейського Союзу. За опитуванням [3] 52 % респондентів вважають SUV безпечнішим, ніж інші види автомобілів.

Ситуація, що склалась на ринку бувших у використанні автомобілів протилежна, лідером українського ринку протягом 2022 року стали саме легкові автомобілі. Досі ця тенденція залишається незмінна. Аналіз, який проводився за допомогою інформації щодо кількості укладених договорів купівлі-продажу показав, найпопулярнішими на вторинному ринку є легкові автомобілі (рис. 2) на відміну від ринку нових автомобілів, де найпопулярнішими є автомобілі класу SUV.

№	Бренд/Модель	Кількість договорів купівлі-продажу
1	Volkswagen Passat	26830
2	ZAZ Sens	24663
3	Skoda Octavia	22030
4	Volkswagen Golf	20759
5	Renault Megane	12669
6	Ford Focus	11567
7	BA3 2109/99	10715
8	Skoda Fabia	10140
9	Opel Astra	10076
10	BMW 5 Series	9431
11	BMW 3 Series	8930
12	Chevrolet Aveo	8779
13	Audi A6	8746
14	Toyota Camry	8618
15	Audi A4	7754
16	Mercedes-Benz E-Class	7708
17	Renault Scenic	7211
18	BMW X5	7012
19	Volkswagen Jetta	6555
20	Hyundai Sonata	6133
21	Volkswagen Transporter	6083
22	Mitsubishi Lancer	6069
23	Opel Zafira	5871
24	Mazda 6	5862
25	Renault Logan	5842

Рис. 2. Статистика кількості укладених договорів купівлі-продажу бувших у використанні автомобілів в Україні за 2022 рік

Така ситуація неминуче призводить до виникнення питання про якість безпеки для водія та пасажирів легкових автомобілів під час ДТП за участю легкового автомобіля та SUV.

Європейська програма оцінки безпеки автомобілів EuroNCAP публікує звіти з рейтингом безпеки, який базується на тому, як повів себе новий автомобіль у низці краш-тестів. Зокрема моделювання бокового удару візком з вантажем, параметрами схожим на середньостатистичний легковий автомобіль.

Перевірка безпеки під час бокового удару виконується на швидкості 50 км/год. У машину вдаряється платформа з деформованим блоком, удар припадає на сторону водія (рис. 3, 4) [4].

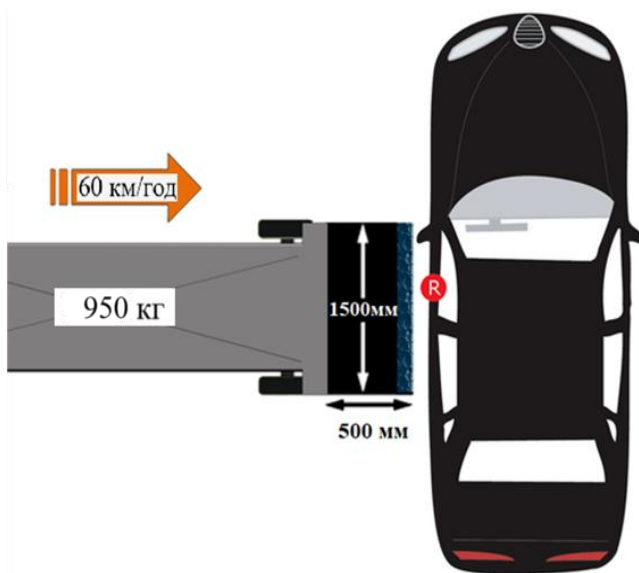


Рис. 3. Умови проведення бокового краш-тесту за методикою EuroNCAP

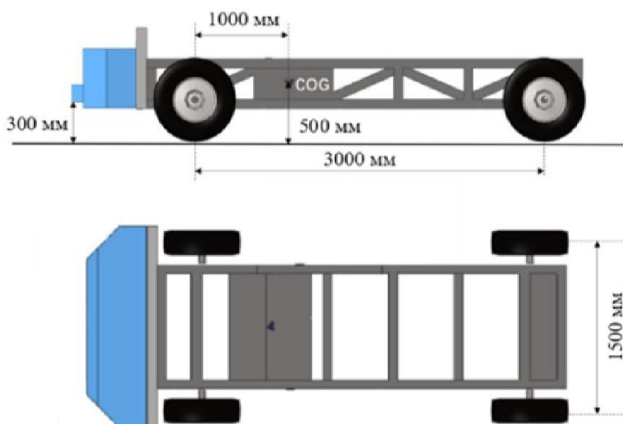


Рис. 4. Умови проведення бокового краш-тесту за методикою EuroNCAP

Європейська програма оцінки нових автомобілів використовує такі параметри для дослідження бокового удару. Випробувальний транспортний засіб розташовується на рівній поверхні статично, зі сторони водійського місця запускається рухомий візок зі швидкістю 50 км/год \pm 1 км/год. Власне візок має колісну базу 3000 \pm 10 мм і колію спереду та ззаду 1500 \pm 10 мм. Попереду кріпиться деформований бар'єр так, щоб його нижній край був на висоті 300 мм \pm 5 мм від землі. Загальна вага візка має бути 950 \pm 20 кг [4].

Схожі параметри використовують й інші організації, щоб перевірити безпеку під час бокового удару.

Проведення саме бокового удару під прямим кутом обумовлено статистичними даними, які показують, що боковий удар під кутом 90° відбувається удвічі частіше ніж боковий удар під кутом 45° (рис. 5) [4].

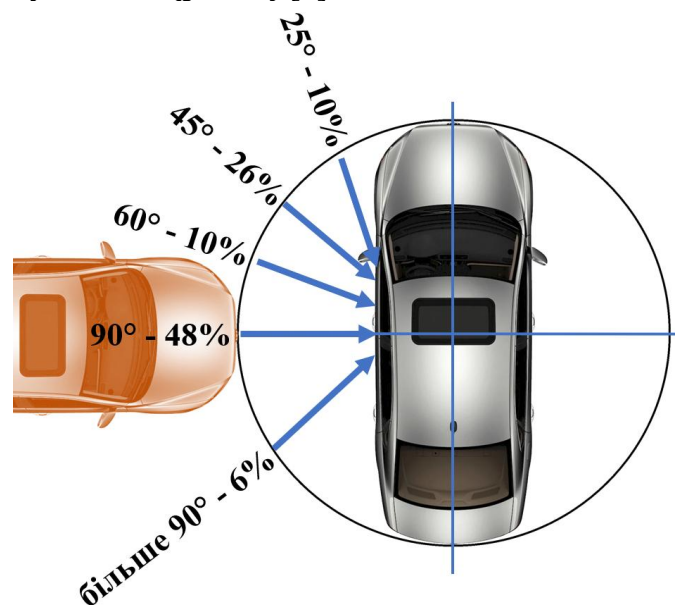


Рис. 5. Залежність кількості бокових ударів у ДТП від кута напрямку зіткнення

Опираючись на дослідження, які провели JATO Dynamics в Європі, транспортні засоби класу SUV на 54 % важчі за середньостатистичні міські автомобілі. Схожа ситуація склалась і у США, де SUV на 22 % важчі за середньостатистичні седани. Середня споряджена маса легкового транспортного засобу класу С становить 1,2 т, тоді як SUV – 1,6 т. Така ж тенденція

простежується якщо порівнювати транспортні засоби інших класів [6].

Досліджуючи масові параметри автомобілів різних класів (рис. 6), було сформовано середні значення маси автомобілів, які були розподілені на 5 класів: малий; субкомпактний; компактний; середній; великий. Аналогічно було поділено і автомобілі класу SUV. Це дало змогу зрозуміти, яка кількість кінетичної енергії удару виділяється під час бокового удару автомобілями різних класів на різних швидкостях [5].

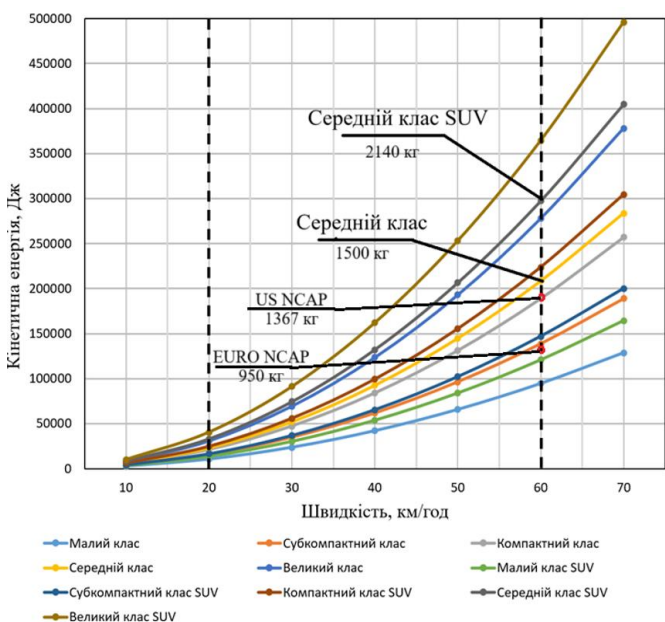


Рис. 6. Середня кількість кінетичної енергії, яка виділяється під час удару автомобілів різних класів

В нашому дослідженні приділимо увагу саме автомобілям середнього (С) класу. Це продиктовано популярністю їх на ринку нових автомобілів України. Середня маса такого автомобіля становить 1,5 т, коли маса SUV класу С становить 2,14 т. Тобто різниця мас цих автомобілів буде становити майже 650 кг, а отже, маса SUV більша за легковий автомобіль на 35 %. Кінетична енергія під час бокового удару автомобілем класу SUV становитиме 206500 Дж, а легковим автомобілем 144600 Дж. Враховуючи, що тести на боковий удар Euro NCAP проводить за допомогою рухомого деформованого бар'єру масою 950 кг, тобто моделюється боковий удар двох автомобілів зі схожими масово-габаритними параметрами. Та, на жаль, не проводиться такий

тест із транспортними засобами різних масово-габаритних-параметрів, наприклад, моделювання бокового удару автомобілем класу SUV в бокову частину легкового автомобіля під кутом 90°.

У конструкції передніх і задніх дверей для додаткової пасивної безпеки під час фронтального та бокового удару використовують сталеві елементи безпеки. Конструкція компонента відповідає нормам, передбаченим стандартами FMVSS 214 для випробувань на боковий удар [7, 8].

Вони бувають круглого профілю (рис. 7 а). Балка дверей складається зі сталеві труби та кронштейнів, приварених з обох кінців до труби. Сталева труба виготовляється шляхом прокатки боровмісного сталевого гарячекатаного листа з межею міцності 500-600 МПа товщиною 2,0 мм, а потім піддається контактному зварюванню з кронштейнами і термообробці для підвищення міцності до межі міцності 1400 МПа. Кронштейн виготовлений із холоднокатаної сталі з межею міцності 300-700 МПа.

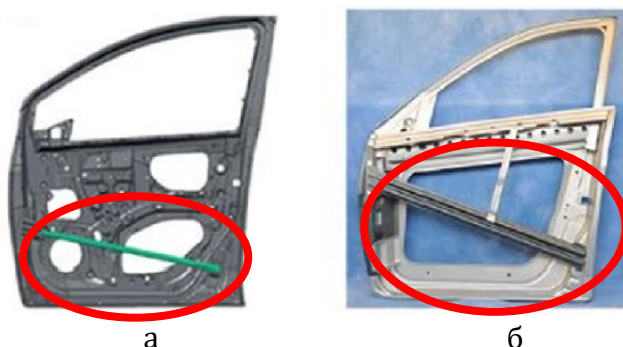


Рис. 7. Види балок безпеки, що розташовані у дверях автомобіля [9]: а – балка круглого профілю; б – формована балка з листового металу

Своє чергою формована балка з листового металу (рис. 7 б) виготовляється шляхом штамповки холоднокатаних сталевих листів як цільна деталь, тому вона має гарні характеристики та низькі витрати у виробництві. Серед її недоліків – слабкий супротив згинанню на відміну від труби. Формовану балку з листового металу рекомендовано використовувати для посилення дверей у автомобілів із високими порогами, тобто SUV та класичні позашляховики.

Розташування балки дверей дає змогу зменшити проникнення кузовних елементів у

середину транспортного засобу, де перебувають водій та пасажир, таким чином підвищити якість пасивної безпеки (рис. 8).

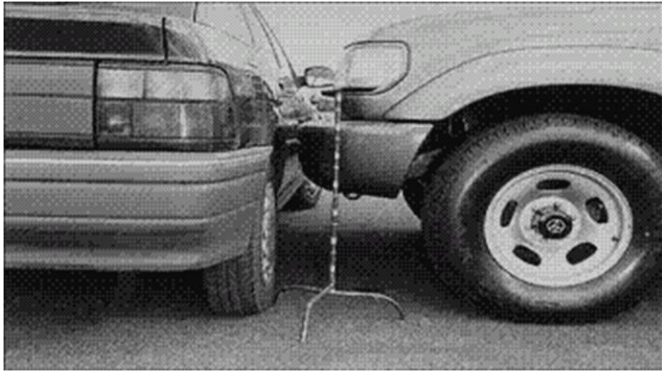


Рис. 8. Візуальне зіставлення транспортних засобів різних класів [10]

Балка виконує свої функції під час бокового удару двох легкових автомобілів зі схожими габаритними параметрами. Однак, якщо відбудеться боковий удар двох автомобілів із різними габаритними параметрами, балка безпеки не зможе повною мірою виконати свою функцію. В такому разі удар буде відбуватись в зону вище місця розташування елемента пасивної безпеки (рис. 9), що призведе до травмувань або летального випадку для водія та пасажирів автомобіля.

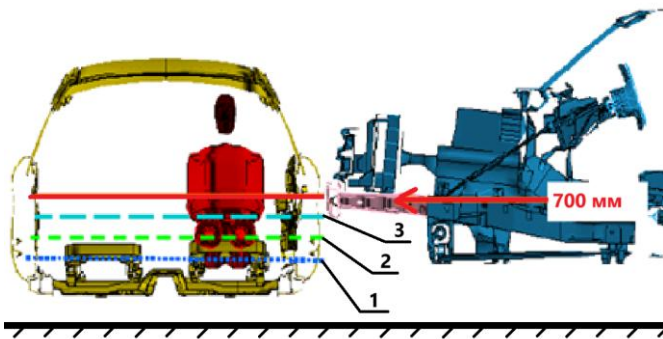


Рис. 8. Висота розташування зон безпеки, які розташовані в дверях автомобіля [11]: 1 – 400 мм, висота від опорної поверхні до нижньої зони кріплення балки безпеки; 2 – 500 мм, висота від опорної поверхні до середньої зони балки безпеки; 3 – 600 мм, висота від опорної поверхні до верхньої зони кріплення балки безпеки

Автомобільні виробники, досліджуючи це питання, представили декілька концепцій систем екстреного підняття кузова. Вони дають

змогу підняти весь автомобіль або його сторону на 85 мм, що допомагає знизити наслідки травмування водія чи пасажирів на 50 %. Недоліком таких концепцій – є моделювання бокового удару легковим автомобілем, що звужує можливості ефективної роботи системи екстреного підняття кузова з іншими автомобілями категорії М1, які мають більші масово-габаритні параметри.

Висновки

Провідні виробники автомобілів преміум класу активно просувають превентивні системи безпеки [12, 13, 14], які за допомогою систем моніторингу визначають небезпеку бокового зіткнення та екстрено підіймають кузов автомобіля на висоту близько 85 мм, підставляючи під удар більш жорсткі елементи днища. Це дає змогу знизити травматизм водія та пасажирів удвічі [12]. Такі системи є актуальними і потребують дослідження.

Водночас ми спостерігаємо зріст популярності транспортних засобів сегменту SUV. Це призводить до зростання ймовірності потрапляння в ДТП нового автомобіля SUV з легковим автомобілем класу А, В, С, D, Е. У такому разі логічним є оснащення нових автомобілів SUV подібною до згаданих [12, 13, 14] превентивних систем пасивної безпеки, що можуть містити функцію екстреного зниження кузова.

References

1. Laura Cozzi. (2024). SUVs are setting new sales records each year – and so are their emissions. Retrieved November 8, 2024 from <https://www.iea.org/commentaries/suvs-are-setting-new-sales-records-each-year-and-so-are-their-emissions>.
2. Autoconsulting.ua. (2023). Trendy avtorynku Ukrayiny [Trendy car market of Ukraine]. Retrieved November 10, 2024 from <https://autoconsulting.ua/article.php?sid=54858>.
3. Ford Media Center. (2015). New survey shows accelerating suv boom. Retrieved November 11, 2024 from <https://media.ford.com/content/fordmedia/feu/gb/en/news/2015/09/07/new-survey-shows-accelerating-suv-boom-as-millennials-join-new-c.html>.

4. Eurocap.com. (2012). Side impact testing protocol. Retrieved November 12, 2024 from <https://cdn.euroncap.com/media/1478/euro-cap-side-protocol-version-60.pdf>
5. Juan Felipe Munoz. (2022). Obesity of cars, the new challenge of the industry. Retrieved November 15, 2024 from <https://uk.motor1.com/news/622233/obesity-of-cars-new-industry-challenge>.
6. R. E. Hawley. (2024). Average car weight. Retrieved November 15, 2024 from <https://www.bankrate.com/insurance/car/average-car-weight>.
7. UNECE. (2010). FMVSS no. 214 Amending side impact dynamic test adding oblique pole test. Retrieved November 15, 2024 from <https://unece.org/DAM/trans/doc/2010/wp29grsp/RD-2e.pdf>.
8. UNECE. (2015). Uniform provisions concerning the approval of vehicles with regard to the protection of the occupants in the event of a lateral collision. Retrieved November 16, 2024 from <https://unece.org/fileadmin/DAM/trans/main/wp29/wp29regs/2015/R095r2e.pdf>.
9. Kyeongrae Jo, Sungjong Kang. (2016). The Section Design of Press Door Impact Beam for Improving Bending Strength. Retrieved November 16, 2024 from <http://journal.ksae.org/common/do.php?a=full&bidx=707&aidx=9460>.
10. PuntoSicuro. (2024). Sicurezza stradale: la sicurezza delle autovetture. Retrieved November 16, 2024 from <https://www.puntosicuro.it/view-pdf/sicurezza-stradale-la-sicurezza-delle-autovetture-AR-24757/>.
11. Vehicle-to-vehicle front-to-side crash analysis using a CAE based methodology. Retrieved November 17, 2024 from <https://www.semanticscholar.org/paper/Vehicle-to-vehicle-front-to-side-crash-analysis-a-Barbat-Li/9a8a4e22e772ca6eb805c685964d32cce57deb/figure/6>.
12. Audi MediaCentre. (2019). Multifaceted personality: predictive active suspension in the A8 flagship model. Retrieved April 4, 2024 from <https://www.audi-mediacycenter.com/en/press-releases/multifaceted-personality-predictive-active-suspension-in-the-a8-flagship-model-11905>
13. Mercedes-Benz. (2020). Meet the S-Class DIGITAL: Innovation by Intelligence. Retrieved April 4, 2024 from <https://www.youtube.com/watch?v=rxMnpK2GoGg>.
14. Vehicledynamicsinternational.com. (2019). Vehicle dynamics international 2019. Retrieved April 4, 2024 from <http://www.rapa.com/automotive/wp-content/uploads/sites/2/2024/01/eABC-VehicleDynamics.pdf>.