

Оценка эффективности автомобильных ПБ 1960-2023гг.

Автор: Юскаев Ю.Ю .Студент «Менеджмент в машиностроении». МФПУ «Синергия»

Аннотация : В данной работе проведено исследование работ в которых отображены мировые данные по эффективности ПБ с 1960-2023гг.

При этом данные в предлагаемом исследовании были отсортированы по следующим критериям : общая эффективность т.е насколько эффективны ПБ без указания были ли применены РБ или нет то есть это максимально общая не детальная оценка применения ПБ в реальных ДТП экспериментальных расчетах. Следующая таблица отображает данные эффективности ПБ без применения РБ, затем показаны публикации и результаты эффективности ПБ совместно с РБ . И заключительная таблица эффективность работы ПБ по шкале AIS-MAIS. Проведенные исследования показали: что вопреки ожиданию авторов нет линейной корреляции по эффективности ПБ с временем проведения исследования хотя в конструкции ПБ вносились многочисленные изменения направленные на искоренение недостатков и поиск различных улучшений. Результат данного исследования заключается в первую очередь в изменчивости человеческого организма и множестве переменных влияющих на результат ДТП при условии применения ПБ. В данном исследовании приведены только те данные которые прямо относятся к автомобильной травме. Необходимо провести анализ полученных данных с помощью математического аппарата.

Abstract: This paper conducts a study of works that display global data on the effectiveness of food security from 1960-2023.

At the same time, the data in the proposed study were sorted according to the following criteria: overall effectiveness, i.e., how effective PBs are without indicating whether RBs were used or not, that is, this is the most general, non-detailed assessment of the use of PBs in real road accidents, experimental calculations. The following table displays data on the effectiveness of PB without the use of RB, then shows publications and results of the effectiveness of PB together with RB. And the final table is the efficiency of the PB on the AIS-MAIS scale. The conducted studies showed that, contrary to the authors' expectations, there is no linear correlation in the effectiveness of PB with the time of the study, although numerous changes were made to the PB design aimed at eradicating shortcomings and searching for various improvements. The result of this study lies primarily in the variability of the human body and the many variables that influence the outcome of an accident under the condition of using safety precautions. This study provides only data that directly relates to motor vehicle injuries. It is necessary to analyze the obtained data using a mathematical apparatus.

Ключевые слова: Подушки безопасности. ДТП. Оценка эффективности автомобильной системы безопасности.

Key words: Airbags. Road accident. Assessing the effectiveness of a car security system

Введение: По мнению авторов историю автомобильных ПБ можно условно разделить на три этапа: первый этап: зарождение и экспериментальные работы [12] второй этап: поиск оптимальных решений, выявление конструктивных недостатков и проблем, и третий этап: массовое использование ПБ достигнутое в 100% автомобилях в США в 2010г и в Европе в 2015г [38]. Соответственно наиболее релевантными предположительно являются исследования проведенные с 2010г.

Но по мнению Griffin et al[82] эволюцию ПБ можно условно разделить на 6 поколений:1994-1997 (первое поколение), 1998-2001 (второго поколения), 2002-2006(3 поколение), 2007-2011(4 поколение), 2012-2015(5 поколение), 2016 – по н.э.

Авторы	Общая эффективность	Показатель эффективности ПБ без РБ	Показатель эффективности ПБ вместе с РБ	Показатель эффективности ПБ по AIS-MAIS	№ Цит -я	Год публик ации
Kahane	Н.Д	Н.Д	25.3%	ПБ+РБ AIS ≥ 3 = 52% AIS ≥ 2= 48% Сниж.смертн.= 51%	1	1960-2012
Wilson et al	18%	Н.Д	Н.Д	Н.Д	2	1973
NHTSA	57%	Н.Д	Н.Д	Н.Д	2	1974
Patrick	25%	Н.Д	Н.Д	Н.Д	2	1975
Caroline Wade	40%	Н.Д	Н.Д	Н.Д	3 Стр .10	1976
NHTSA	40%	Н.Д	Н.Д	Н.Д	4	1977
HUELKE ,D.F	Н.Д	25%смертн. 58% сер.травмы	34% смертность 68% серьезные травмы	Н.Д	5	1981
NHTSA	Н.Д	Н.Д	40-50 % смерт.травм. 45-55% серьезн травмы	Н.Д	6	1984
Viano D.	Н.Д	Н.Д	72%серьезн.травмы.4 9-58% смерт.травмы	Н.Д	7	1988
Cummins et al	Н.Д	32%смерт.травм	67%смерт.травмы	Н.Д	8	1988-2004
Evans, L.	18%	Н.Д	Н.Д	Н.Д	9	1989
Evans, L.	18%	Н.Д	Н.Д	Н.Д	10	1991
Viano D	Н.Д	18 + - 4%	46%	Н.Д	11	1991
Nayak et al	Н.Д	Н.Д	80% сниж.смертн.водител ей. при лобовых ДТП20%смертн.пасса жировна передн.сид.лобов.ав ариях. 37% риск смерти водителя сбоку	Н.Д	12	1992 - 1997

Digges K.H et al	7-15%	Н.Д	Н.Д	Н.Д	13	1992
Edwards WR	22-29%	Н.Д	Н.Д	Н.Д	14	1986-1992
Zador PL et al	19%	Н.Д	Н.Д	Н.Д	15	1993
Duma SM et al	Н.Д	с ПБ 61,9% закрытые не серьезные травмы глаз без ПБ 61,3% открытые серьезные оскольчатые травмы глаз	Н.Д	Н.Д	16	1993-2000
Ferguson, S.A et al		4-12%	68%	Н.Д	17	1995
Lund A et al	Сниж.16-24% смерт.травмы	Н.Д	Н.Д	Н.Д	18	1995
Доклад NHTSA	Н.Д	7%	60%	Н.Д	19	1996
Доклад NHTSA	Н.Д	11%	Н.Д	Н.Д	20	1997
Langweider, K et al	Н.Д	Н.Д	80-90% травмы 40% смертность	Н.Д	21	1998
Sheldon, L et al	Н.Д	14%	50%	Н.Д	22	1998
Доклад NHTSA	Н.Д	32%	Н.Д	Н.Д	23	1998-1999
Доклад NHTSA	Н.Д	9%-11%	66% защиты от травм	(MAIS 2 +) 45-82% (MAIS 3+) голова 20-81% (в зависимости от органов) 11стр.	24	1999
Casiday, Rachel and Frey, Regina	Н.Д	Н.Д	26%	Н.Д	25	2000

Richard Frampton et al	Н.Д	Н.Д	Н.Д	AIS 2+ 32-55%	26	2000
Доклад NHTSA	Н.Д	29%травмы 11%смертность 43%серьезн.травмы головы	73% травмы 51%смертность 85%серьезн.травмы головы	Н.Д	27	2001
Crandall C.S et al	Н.Д	63%сниж.смертности	>80% сниж.смертности	Н.Д	28	2001
HUERE et al	Н.Д	Н.Д	Н.Д	82% AIS1+ травмы головы на скоростях 56-65км.ч	29	2001
Steven D et al	Н.Д	15-22 % лобов.смертность	Н.Д	Н.Д	30	2001
Roselt, T et al	Н.Д	Н.Д	Н.Д	1.8% получили опасные травмы Эффективность MAIS 3 21- 28%	31	2002
Cummings P, et al.	Н.Д	8-12% риск смерти	68% риск смерти	Н.Д	32	2002
Доклад NHTSA	Н.Д	55% сниж смертн.	Н.Д	Н.Д	33 стр. 81	2002
Simoni P	Н.Д	Н.Д	Сниж.переломов лица с 17% до 5%	Н.Д	34	2003
Braver, E. R. and S. Y. Kyrychenko	При использовании боковой ПБ снижение смертности 50%	Н.Д	Н.Д	Н.Д	71	2004
Доклад ВОЗ	Н.Д	8-14% смерт.травмы	68%смерт.травмы	Н.Д	35 Стр .14 5	2004
Батманов Э.Г	Н.Д	Н.Д	43% совместно с	Н.Д	36	2004

			др.системами		Стр .22	
Evans, L.	10%	Н.Д	Н.Д	Н.Д	37 Гл. 12	2004
RICHARD KENT et al	Н.Д	Н.Д	Н.Д	18-50% AIS 3	38	2005
Ramachandra n, K et al	13.9% снижение смерт.травм.	Н.Д	Н.Д	Н.Д	39	2005
Isaksson- Hellman	Н.Д	Н.Д	40-57% сниж.травм автомобили Volvo	Н.Д	40	2005
McCartt AT, Kyrychenko SY	Н.Д	37% риск смерти вод. для пб защит голову. 52% защ.голову вод.внедорожни ка	Н.Д	Н.Д	41	2007
Hakkert, A.S et al	Н.Д	Н.Д	50-61%	Н.Д	42С тр. 58	2007
Доклад NHTSA	Н.Д	Н.Д	61% сниж.риска гибели	Н.Д	43	2000- 2007
Bostrom O, Gabler HC, Digges K, Fildes B, Sunnevang C	Н.Д	Н.Д	Н.Д	уменьшение травм AIS3+ от 19-57% и защита от трети смертельных случаев	62	2008
Laberge- Nadeau, C., Bellavance, F., Messier, S., Vézina, L., & Pichette, F	Сниж.травм головы на 75% Риск травмы гр.клетки 68% Сниж.риска смерти 37%-45%	Н.Д	Н.Д	Сниж.травм AIS 3+ 45% AIS2+ 33%	63	2008
Фокина Е.В	20-25% сниж.вероятность гибели водителя	Н.Д	Н.Д	Н.Д	44С тр. 14	2009

Alena Høye	22%	Н.Д	Н.Д	Н.Д	45	2010
Cecilia Sunnevång et al	Н.Д	30% риск смерт.травм Боковые ПБ	Н.Д	Н.Д	46	2010
Cummins, J. S., Koval, K. J., Cantu, R. V., & Spratt, K. F.	Н.Д	32% снижение смертности	67% снижение смертности	Н.Д	64	2011
Intas, George, and Pantelis Stergiannis	Снижает на 50 % травматизм и смертность пассажиров в автомобильной аварии	Н.Д 14% снижение смертности водителей	Н.Д	Н.Д	66	2011
Fitzharris M	Боковые ПБ защита головы и туловища 26-37% снижение смертности .34-68% снижение серьезных травм	Н.Д	Н.Д	Н.Д	69	2011
Griffin, Russell PhD; Huisinigh, Carrie MPH; McGwin, et al.	Н.Д	Н.Д	Н.Д	Снижение травм головы AIS2+ на 30%	65	2012
Padmanaban, Jeya, and Matthew Fitzgerald	Н.Д	Н.Д	Снижение смертности при опрокидывании 20-23%	Н.Д	67	2012
D'Elia A., Scully J., Newstead S	Боковые ПБ снижают от 51-61% вероятность смерти и травм головы, шеи, лица и грудной клетки при боковых столкновениях	снижение риска и тяжести травм водителя при ударе сбоку примерно на 7% и 11%	Н.Д	Н.Д	70	2012
Delia	41.1-48% сниж.смертн или травмы боковые ПБ	Н.Д	Н.Д	Н.Д	47	2013

Nayak, R et al	Н.Д	Н.Д	75%СНИЖ.серьезн.травм головы	Н.Д	48	2013
Khouzam R.N et al	Сниж.смертн.пасажа на 25-30%	Н.Д	Н.Д	Н.Д	49	2014
Marc A.Bjurlin^a et al	Н.Д	20%сниж травм	34.7% сниж.травм Травма почек 23%. Риск нефрэктомии , 81%	Н.Д	50	2014
Kim	Н.Д	40-60% сниж.травм	Н.Д	Н.Д	51	2016
Jänsch et al	Н.Д	Боковые ПБ Сниж.риска травмы головы 75%,защита торса 68% Сниж.Риск смерти 37-45%	Н.Д	Н.Д	52	1998-2017
Aarts	Н.Д	Н.Д	Сниж.смерт.травм 54% водители и 44% пассажиры	Н.Д	53	2018
Johannsen	Н.Д	Н.Д	Н.Д	MAIS3+ 22% MAIS2+41%	54	2018
Alexandru et al	Н.Д	Н.Д	Н.Д	Сниж.вероятн.травмы головы AIS1 на 150%	55	2019
DUMITRASCU D. I., DUMITRASCU A. E	Н.Д	Сниж.риск травм или смерти на 20-35%;	Сниж тяжести травм при лобовых столкновениях до 65% на уровне груди и до 75% на уровне головы	Н.Д	58	2019
Jiang, C., Yin, Z., Ren, L., Hu, Y., Liu, X., & Zhu, H.	Н.Д	(Боковые шторки при опрокидывании)с нижение смертности составило около 41,3%. Снижение перегрузки в 5.1 раз. сниж.силы сжатия шеи на 80%	Н.Д	Н.Д	59	2019
Hebah	29-32 %	Н.Д	Н.Д	Н.Д	56	2021

Alobaidan	сниж.смертн.вод.пр и фронт. Столкнов. 37% при боковом ударе					
Kunj Shah, Chaitanya Sheth, Nishant Doshi	34% снижение летальных исходов	Н.Д	Н.Д	Н.Д	57	2022
Alexandru G. I.	Н.Д	От 19-34% снижение риска гибели и смертельных травм	Н.Д	Н.Д	61	2022
Y. Ju, J. W. Suh, Y. S. Kim, T. W. Chung and S. Y. Sohn	Внешн. ПБ спасает 46% пассажиров с травмами MAIS 3+ и предотвр. 40% смерт. случаев	Н.Д	Н.Д	Н.Д	60	2023

Как и было указано ранее на исход ДТП в общем и на формирование автомобильной травмы «АВТОМОБИЛЬНОЙ ТРАВМОЙ называют повреждений (комплекс повреждений), причиненные человеку наружными или внутренними частями движущегося автомобиля, или возникшие при падении из движущегося автомобиля» [72] при этом отмечается что «Автомобильная травма - один из немногих видов травматизма, при котором встречается наибольшее количество самых разнообразных повреждений во всех областях тела» [89]» для человека находящегося внутри движущегося автомобиля влияет множество факторов-переменных:

На первом месте скорость ДТП, чем больше скорость тем хуже итог ДТП[72С.41], [73],[74С.86]. «Тяжесть травм, полученных в результате аварий Безопасность экспоненциально падает в зависимости от скорости. Вместе с возрастанием скорости растет количество и тяжесть травм. Исследования показали, что чем выше скорость во время столкновения, тем больше вероятность серьезных и смертельных травм: • Для тех, кто сидит в машине в момент удара, тяжесть получаемых травм зависит от изменения скорости при столкновении, обычно обозначаемого Δv . Если Δv возрастает от 20 км/ч до 100 км/ч, то и вероятность смертельных травм растет от нуля до почти 100%»[35.С.87]

На второе место по важности я бы поставил вектор или направление удара к примеру фронтальные или лобовые являются наиболее частыми видами столкновений более половины , на втором месте по частоте боковые далее следуют удары сзади и опрокидывания [75С.19], [74С.144],[36С.24],[76]. При этом необходимо отметить что боковые ДТП намного опаснее лобовых так как зона энергопоглощения и рассеивания удара значительно меньше у автомобиля сбоку чем

спереди [77],[78],[12]и эффективность РБ при боковом ударе практически равна нулю из за эффекта выскальзывания из под ремня[79],[80] а также из за того что голова расположена очень близко к стеклу и боковой стойке автомобиля[81] проблема бокового удара в том числе актуальна и для детских сидений [75]

Особенно важно отметить что опрокидывания являются самыми смертоносными видом ДТП хотя и самым редким «Хотя около 3% всех аварии являются опрокидывающимися, на них приходится 33% смертей, связанных с авариями» [12.С. 211,] среди автомобильных ДТП с одиночными объектами (деревья, столбы итд.) величина погибших при опрокидывании может достигать 50%[91] . В РФ опрокидывания составляют примерно 10% [91]

Важность направления и места приложения удара также подтверждается в работе «Следует понимать, что на исход ДТП достаточно большое влияние оказывают направление удара и область первичного удара»[87],[90]

На 3 место я бы расположил тип посадки в автомобиле, о важности типа посадки на количество и тяжесть травм чем менее вертикальная посадка тем лучше с точки снижения количества тяжелых травм и степени их тяжести.[84]

На 4 месте как полагают авторы является влияние близости посадки к месту приложения удара «Безусловно, наибольшее количество повреждений получает человек, сидящий в салоне со стороны удара» [88]

Далее прилагаю перечень менее важных факторов влияющих на исход ДТП а именно : различия между американскими и европейскими ПБ европейские ПБ менее травматичны так как раскрываются с меньшей скоростью [26], мужчины водители более уязвимы для травм чем женщины водители [83] «Мужчины на месте водителя гибнут в 26,7 раза чаще, чем женщины, а на месте пассажира — в 1,5 раза» [85], масса автомобиля влияет на тяжесть травмы в ДТП [83]. Расстояние водителя до руля имеет важное значение так как если оно будет меньше 25см то водитель рискует получить травму от раскрытия ПБ [75]

Пассажиры с высоким индексом массы тела получают более тяжелые травмы,

«Однако анализ данных показал Тенденция среди водителей-мужчин ростом выше 1,8 метра и водителей-женщин

менее 1,5 м будет связано с более серьезными травмами». [92].

Автор полагают что столь разнообразные показатели оценки эффективности ПБ возникают из за того что есть не отменимое влияние состояния здоровья пассажиров и водителей и также возраст, вес, пол, наличие заболеваний, итд.[42]. К примеру «Например, удар, полученный здоровым молодым мужчиной 25 лет, приведет к небольшой травме, но у пожилой женщины 65 лет со слабым здоровьем удар такой же силы вызовет смертельное увечье»[35 С.80]. Интересным фактом является исследование посвященное пожилым водителям автомобилей у них вопреки широко распространенной и доказанной практике преобладания травм головы над остальными травмами преобладают травмы грудной клетки как наиболее тяжелое повреждение. В качестве рекомендации предложено изменить конструкцию автомобиля чтобы повысить безопасность пожилых водителей [93].

«Европейская комиссия пришла к выводу, что если бы все машины по своей конструкции соответствовали уровню безопасности лучше го автомобиля в своем классе, то удалось бы избежать 50% всех аварий со смертельным исходом и результирующими травмами . Недавно проводилось исследование то го, как связан возраст автомобиля и вероятность серьезной аварии.

В результате пришли к выводу, что те, кто ездит в машине, выпущенной до 1984 г., в три раза больше подвергаются риску попасть в аварию с результирующими травмами, чем те, кто ездит в новых автомобилях»[35С.99-100]

Мы приходим к выводу что РБ удерживают а ПБ смягчают удар распределяя удар по большей площади одновременно увеличивая время удара а также ограждают пассажира и водителя от наиболее травмоопасных поверхностей автомобиля которыми являются «.....рулевое управление, щиток приборов, двери, ветровое

стекло, зеркало, крыша, спинка сиденья»[44]

Также интересно отметить работу сил инерции в момент ДТП на пассажира и водителя «Под действием на водителя и пассажира ТС инерционных сил происходит следующее:

а) внедрение воздействующих частей кузова и салона

ТС в тела пострадавших сначала в пределах упругих деформаций, а затем и с разрушением этих частей;

б) изменение положения тел водителя и пассажира

ТС по отношению к внутренним частям автомобиля (наклон, разворот);

в) изменение направления движений тел, которые

перемещаются с некоторым отклонением от первоначального направления их движения.

Объем повреждающего воздействия на водителя и

пассажира ТС, вызванный инерционной силой, зависит

от ряда факторов: особенности размещения людей в салоне автомобиля, конструктивных особенностей внутреннего устройства салона ТС, наличия условий смягчения

удара (демпфирование) с возможностью участников происшествия противодействовать их смещению и контактированию.»[86]

Что касается оценки эффективности ПБ. Согласно собранной авторами информации отображенной в таблице в мире приняты различные критерии оценки тяжести автомобильных и не только травм .

Авторы предлагают для оценки эффективности ПБ ввести следующий параметр время увеличения удара (ВУУ) . На какое время увеличивается удар различными ПБ и без них так как масса человека величина постоянная скорость автомобиля являются показателями в момент ДТП постоянными и повлиять на них мы не в силах никак то единственным параметром на который мы можем повлиять с помощью ПБ является время

Выводы:

Ввиду множества факторов влияющих на автомобильную травму и ее исход , не представляется возможным применение одной единой учитывающей все нюансы системы оценки эффективности ПБ. В самом начале своей истории ПБ получали авансом высокие оценки но как любая новая система имела в своей сути врожденные недостатки которые показали себя спустя время. Собранные за 83 года данные обязательно подлежат глубокому математическому анализу компетентными специалистами.

1. C. J. Kahane, "Lives Saved by vehicle safety technologies and associated federal motor vehicle safety standards, 1960 to 2012 passenger cars and LTVs with reviews of 26 FMVSS and the effectiveness of their associated safety technologies in reducing fatalities, injuries, and crashes," Tech. Rep., National Highway Traffic Safety Administration, Washington, DC, USA, 2015.
2. RICHARD KENT , DAVID C. VIANO & JEFF CRANDALL (2005) The Field Performance of Frontal Air Bags: A Review of the Literature, *Traffic Injury Prevention*, 6:1, 1-23, DOI: 10.1080/15389580590903131
3. Wade, Caroline (2019). The Road to Autonomous Vehicle Adoption. Honors thesis, Duke University. Retrieved from <https://hdl.handle.net/10161/18328>
4. Federal Register, Vol. 42, No 128, Part 571 – Federal Motor Vehicle Standards: Occupant protection systems, Docket No. 75-14, Notice 10, pages 34289-34305, 5 July 1977
5. HUELKE ,D.F (1981)Effectness of occupant restraint in reducing serious injuries and fatalities. Proceeding of the internation Symposium on Occupant Resraint ,33-51, Toronto
6. NHTSA. (1984) FMVSS 208 regulatory impact analysis. National Highway Traffic Safety Administration, U.S. Department of Transportation, Washington, DC.
7. Viano D. (1988) Limits and challenges of crash protection. *Accident Analysis and Prevention*, Vol. 20, No. 6, pp. 421–429
8. Cummins JS, Koval KJ, Cantu RV, Spratt KF. Do seat belts and air bags reduce mortality and injury severity after car accidents?. *Am J Orthop (Belle Mead NJ)*. 2011;40(3):E26-E29.
9. Evans L. (1989) Air bag effectiveness in preventing fatalities predicted according to type of crash, driver age, and blood alcohol concentration. *Proc. 33rd Annual Scientific Conference of the Association for the Advancement of Automotive Medicine*, pp. 307–322, Des Plaines, IL.
10. Evans, L. (1991). Airbag effectiveness in preventing fatalities predicted according to type of crash, driver age, and blood alcohol concentration. *Accident Analysis & Prevention*, Volume 23, Issue 6, 1991, Pages 531-541
11. Viano D. (1991) Effectiveness of safety belts and air bags in preventing fatal injury. Paper 910901, Society of Automotive Engineers, Warrendale, PA
12. Nayak, R., Padhye, R., Sinnappoo, K., Arnold, L., & Behera, B. K. (2013). *Airbags. Textile Progress*, 45(4), 209–301. doi:10.1080/00405167.2013.859435
13. AIRBAG AND FACEBAG BENEFITS AND COSTS Fildes B.N., Cameron M.H, Vulcan A.P. Monash University Accident Research Centre Melbourne, A ustralia. Digges K.H. Kennedy Digges and Associates Charlottesville, Virginia. Taylor D. Ernst and Y ounge Consultants, Canberra, Australia. 1992
14. Edwards WR. (1994) An effectiveness analysis of Chrysler driver air bags after five years exposure. Paper 94-S4-O-09, 14th Conference on the Enhanced Safety of Vehicles (ESV), National Highway Traffic Safety Administration, Washington, DC
15. Zador PL, Ciccone MA. Automobile driver fatalities in frontal impacts: air bags compared with manual belts. *Am J Public Health*. 1993;83(5):661-666. doi:10.2105/ajph.83.5.661
16. Duma SM, Jernigan MV. The effects of airbags on orbital fracture patterns in frontal automobile crashes. *Ophthalmic Plast Reconstr Surg*. 2003;19(2):107-111. doi:10.1097/01.IOP.0000056021.24630.A6
17. Ferguson, S.A., Lund, A.K, Greene, M.A.(1995) Driver fatalities in 1985 –94 airbag cars Arlington,VA, Insurance Institute for Highway Safety/Highway Loss Data Institute
18. Lund A, Ferguson S. (1995) Driver fatalities in 1985–1993 cars with air bags. *J. Trauma: Injury, Infection, and Critical Care*, Vol. 38, No. 4, pp. 469–475
19. NHTSA Third Report to Congress; Effectiveness of Occupant Protection Systems and Their Use, December 1996

20. NHTSA .Traffic Safety Facts 1997 National Highway Traffic Safety Administration . Occupant Protection
21. Langweider, K and Hummel, T. The effect of air bags on injuries and accident costs. 16th Conference on the Enhanced Safety of Vehicles (ESV), National Highway Traffic Safety Administration. Washington, DC. Paper 98-S1-W-27 [Google Scholar]
22. Sheldon, L.; Stucki, W.; Hollowell, T. Determination of frontal off set test conditions based on crash data. National Highway Traffic Safety Administration, Information Systems and Services. Paper No. 98-S 1-0-02. p. 15–35, (1998)
23. Charles J. Kahane/AN EVALUATION OF THE 1998-1999 REDESIGN OF FRONTAL AIR BAGS// DOT HS 810 685 August 2006 NHTSA Technical Report
24. NHTSA Fourth Report to Congress; Effectiveness of Occupant Protection Systems and Their Use, May 1999
25. Casiday, Rachel and Frey, Regina. "Gas Laws Save Lives: The Chemistry Behind Airbags" Oct. 2000. Department of Chemistry, Washington University [http://wunmr.wustl.edu/EduDev / LabTutorials/Airbags/airbags.html](http://wunmr.wustl.edu/EduDev/LabTutorials/Airbags/airbags.html) (6 Nov. 2000)
26. EFFECTIVENESS OF AIRBAG RESTRAINTS IN FRONTAL CRASHES – WHAT EUROPEAN FIELD STUDIES TELL US *Richard Frampton, **Raimondo Sferco, *Ruth Welsh, *Alan Kirk, **Paul Fay* IRCOBI Conference -Montpellier (France), September 2000
27. National Highway Traffic Safety Administration. Fifth/Sixth Report to Congress: Effectiveness of occupant protection systems and their use, NHTSA Report DOT HS 809 442, November 2001
28. Crandall CS, Olson LM, Sklar DP. Mortality reduction with air bag and seat belt use in head-on passenger car collisions. *Am J Epidemiol.* 2001;153(3):219-224. doi:10.1093/aje/153.3.219
29. HUERE, J., FORET-BRUNO, J., FAVERJON, G., and LE COZ, J., "AIRBAG EFFICIENCY IN FRONTAL REAL WORLD ACCIDENTS," SAE Technical Paper 2001-06-0010, 2001
30. The Review of Economics and Statistics, November 2001, 83(4): 603–615 SAMPLE SELECTION IN THE ESTIMATION OF AIR BAG AND SEAT BELT EFFECTIVENESS* Steven D. Levitt and Jack Porter
31. Roselt, T., Langweider, K., Hummel, T., Koster, H.W. Injury Patterns of Front Seat Occupants in Frontal Car Collisions with Airbags. Effectivity and Optimisation Potential of Airbags. IRCOBI, September 2002, Munich, Germany.
32. Cummings P, McKnight B, Rivara FP, Grossman DC. Association of driver air bags with driver fatality: a matched cohort study. *BMJ.* 2002;324(7346):1119-1122. doi:10.1136/bmj.324.7346.1119
33. "Effectiveness of Occupant Protection Systems and Their Use" Fifth/Sixth Report to Congress. National Highway Traffic Safety AdministrationUS Department of Transportation- December 2002.<http://wwwnrd.nhtsa.dot.gov/pdf/nrd-30/NCSA/Rpts/2002/809-442.pdf>
34. Simoni P, Ostendorf R, Cox AJ 3rd. Effect of air bags and restraining devices on the pattern of facial fractures in motor vehicle crashes. *Arch Facial Plast Surg.* 2003;5(1):113-115. doi:10.1001/archfaci.5.1.113
35. Всемирный доклад о предупреждении дорожно транспортного травматизма/Пер. с англ. – М.: Издательство «Весь Мир», 2004. – 280 с
36. Батманов, Эдвард Загидинович. Интегральная оценка пассивной безопасности легковых автомобилей : автореферат дис. ... кандидата технических наук : 05.22.10 / Моск. гос. автомобил.-дорож. ин-т (техн. ун-т). - Москва, 2004. - 24 с
37. Evans L. Restraint effectiveness, occupant ejection from cars and fatality reductions. *Accident Analysis and Prevention* 22:167-175;1990
38. RICHARD KENT , DAVID C. VIANO & JEFF CRANDALL (2005) The Field Performance of Frontal Air Bags: A Review of the Literature, *Traffic Injury Prevention*, 6:1, 1-23, DOI: 10.1080/15389580590903131
39. Ramachandran, K., Fordyce, T. A., Ray, R. M., & Le-Resnick, H. T. (2005). *The Relationship Between Airbags and Injuries. SAE Technical Paper Series.* doi:10.4271/2005-01-1231

40. Isaksson-Hellman I, Norin H. How thirty years of focused safety development has influenced injury outcome in volvo cars. *Annu Proc Assoc Adv Automot Med*. 2005;49:63-77
41. McCartt AT, Kyrychenko SY. Efficacy of side airbags in reducing driver deaths in driver-side car and SUV collisions. *Traffic Inj Prev*. 2007;8(2):162-170. doi:10.1080/15389580601173875
42. Hakkert, A.S, Gitelman, V. and Vis, M.A. (Eds.) (2007) Road Safety Performance Indicators: Theory. Deliverable D3.6 of the EU FP6 project SafetyNet.
43. DOT HS 811 202 September 2009 Fatalities in Frontal Crashes Despite Seat Belts and Air Bags Review of All CDS Cases Model and Calendar Years 2000-2007 122 Fatalities
44. ФОКИНА Е.В /УСТАНОВЛЕНИЕ РАСПОЛОЖЕНИЯ ВОДИТЕЛЯ И ПАССАЖИРА ПЕРЕДНЕГО СИДЕНЬЯ В САЛОНЕ ЛЕГКОВЫХ АВТОМОБИЛЕЙ, ОБОРУДОВАННЫХ СОВРЕМЕННЫМИ СРЕДСТВАМИ БЕЗОПАСНОСТИ, ПРИ ДОРОЖНО-ТРАНСПОРТНЫХ ПРОИСШЕСТВИЯХ//Автореферат диссертациимедицинских наук//2009
45. Alena Høyе, 2010 Are airbags a dangerous safety measure? A metaanalysis of the effects of frontal airbags on driver fatalities
46. Cecilia Sunnevang, Erik Rosén, Ola Boström, Ulf Lechelt / "Annals of Advances in Automotive Medicine - 54th Annual Scientific Conference", October 2010, 54:159-168// Improved side impact protection in the traffic of the future - car to car full vehicle crashes with WorldSID PROJECT
47. D'Elia, A., Newstead, S., Scully, J. (2013) "Evaluation of vehicle side airbag effectiveness in Victoria, Australia". *Accident Analysis and Prevention* 54 (2013) 67– 72
48. Nayak, R., Padhye, R., Sinnappoo, K., Arnold, L., & Behera, B. K. (2013). *Airbags. Textile Progress*, 45(4), 209–301. doi:10.1080/00405167.2013.859435
49. Khouzam R.N., Al-Mawed S., Farah V. et al. (2014) Next-generation airbags and the possibility of negative outcomes due to thoracic injury. *Can. J. Cardiol.*, January 09 [Epub ahead of print].
50. Marc A. Bjurlin, Richard Jacob Fantus, Richard Joseph Fantus, Michele M. Mellett, and Dana Villines / The Impact of Seat Belts and Airbags on High Grade Renal Injuries and Nephrectomy Rate in Motor Vehicle Collisions. *Journal of Urology Adult Urology*/ 1 Oct 2014
51. Kim, D.E., Joo, Y.H. & Kang, M.C. Performance evaluation of slim low-risk-deployment dual-type passenger airbag system with dispersed inflation pressure. *Int.J Automot. Technol*. 17, 689–696 (2016). <https://doi.org/10.1007/s12239-016-0068-z>
52. Jänsch, M., O'Connell, N. (2017), Side airbags, European Road Safety Decision Support System, developed by the H2020 project SafetyCube
53. Prestatie-indicatoren voor verkeersveiligheid (SPI's)Overzicht van beschikbare kennis over SPI's als basis voor risicogestuurd beleid Author(s)Aarts, L.T. Year 2018 <https://www.swov.nl/en/publication/prestatie-indicatoren-voor-verkeersveiligheid-spis>
54. Johannsen, H. (2018), Frontal airbags, European Road Safety Decision Support System, developed by the H2020 project SafetyCube
55. EFFICIENCY ANALYSIS OF PASSIVE SAFETY SYSTEMS IN VEHICLES IN THE CASE OF FRONTAL COLLISION USING EXPERIMENTAL TESTS Alexandru Ionut RADU1)*, Daniel Dragos TRUSCA1) , George TOGANEL1), Bogdan TOLEA2) 1) Transylvania University of Braşov, Str. Politehnicii Nr. 1, 500024 BRASOV, Romania 2) University of Oradea, ORADEA, 410610, Romania RoJAE vol. 25 no. 2 /June 2019 ISSN 2457 – 5275 (Online, English) *Romanian Journal of Automotive Engineering*
56. Hebah Alobaidan. *International Journal of Engineering Research and Applications* www.ijera.com ISSN: 2248-9622, Vol. 11, Issue 8, (Series-II) August 2021, pp. 01-05
57. Kunj Shah, Chaitanya Sheth, Nishant Doshi, A Survey on IoT-Based Smart Cars, their Functionalities and Challenges, *Procedia Computer Science*. Volume 210, 2022
58. DUMITRASCU D. I., DUMITRASCU A. E. Design Failure Mode and Effects Analysis (DFMEA)

- for Automotive Safety Systems. . (2019), 59:119-122
<https://doi.org/10.31926/RECENT.2019.59.119>
59. Jiang, C., Yin, Z., Ren, L., Hu, Y., Liu, X., & Zhu, H. (2019). Coupling Simulation of an Impact Induced Rollover Accident and Evaluation of Curtain Airbag Effectiveness. *International Journal of Computational Methods*. doi:10.1142/s0219876219500415
 60. Y. Ju, J. W. Suh, Y. S. Kim, T. W. Chung and S. Y. Sohn, "Cost-Benefit Analysis to Assess the Effectiveness of an External Airbag and Autonomous Emergency Braking system," in *IEEE Access*, doi: 10.1109/ACCESS.2023.3267111.
 61. Alexandru G. I. et al. Dynamics of frontal crash in/without the presence of passive safety systems //IOP Conference Series: Materials Science and Engineering. – IOP Publishing, 2022. – Т. 1220. – №. 1. – С. 012044.
 62. Bostrom O, Gabler HC, Digges K, Fildes B, Sunnevang C. Injury reduction opportunities of far side impact countermeasures. *Ann Adv Automot Med*. 2008 Oct;52:289-300. PMID: 19026245; PMCID: PMC3256785.
 63. Laberge-Nadeau, C., Bellavance, F., Messier, S., Vézina, L., & Pichette, F. (2008). Occupant Injury Severity from Lateral Collisions: A Literature Review.
 64. Cummins, J. S., Koval, K. J., Cantu, R. V., & Spratt, K. F. (2011). Do seat belts and air bags reduce mortality and injury severity after car accidents. *Am J Orthop (Belle Mead NJ)*, 40(3), E26-E29.
 65. Griffin, Russell PhD; Huisingh, Carrie MPH; McGwin, Gerald Jr. MS, PhD; Reiff, Donald MD. Association between side-impact airbag deployment and risk of injury: A matched cohort study using the CIREN and the NASS-CDS. *Journal of Trauma and Acute Care Surgery* 73(4):p 914-918, October 2012. | DOI: 10.1097/TA.0b013e31825a7636
 66. Intas, George, and Pantelis Stergiannis. "How safe are the airbags? A review of literature." *Health Science Journal* 5.4 (2011): 262.
 67. Padmanaban, Jeya, and Matthew Fitzgerald. "Effectiveness of rollover-activated side curtain airbags in reducing fatalities in rollovers." *Proceedings of the international research council on the biomechanics of impact* (2012): 76-90.
 68. . Insurance Institute for Highway Safety (IIHS), Status Report, vol.41, No.8, October 7, 2006. on the web at www.iihs.org
 69. Fitzharris M. et al. Effectiveness And Estimation Of Likely Benefits Of Side Impact Airbags In Passenger Vehicles In Victoria //Monash University Accident Research Centre. – 2011.
 70. D'Elia A., Scully J., Newstead S. and sub-title //Burns. – 2012. – Т. 25. – С. 49-52. EVALUATION OF VEHICLE SIDE AIRBAG SYSTEM EFFECTIVENESS
 71. Braver, E. R. and S. Y. Kyrychenko (2004). "Efficacy of Side Air Bags in Reducing Driver Deaths in Driver-Side Collisions." *American Journal of Epidemiology* 159(6): 556- 564.
 72. Бедрин, Л. М. Судебно-медицинская экспертиза автомобильной травмы: лекция // Избранные лекции по судебной медицине (судебно-медицинская травматология). Ярославль: Ярославск. гос. мед. институт, 1989. С. 41-69.
 73. Коцюба, А. Е. Структура повреждений водителя и пассажира переднего сидения внутри салона автомобиля с правым рулевым управлением // Материалы VI Всеросс. съезда судебных медиков. М.; Тюмень, 2005.
 74. Всемирный доклад о предупреждении дорожно-транспортного травматизма / Пер. с англ. / М.: Весь Мир, 2004. — 280 с.
 75. DaCoTA (2012) Vehicle Safety, Deliverable 4.8u of the EC FP7 project DaCoTA
https://safetyknowsys.swov.nl/Safety_issues/pdf/Vehicle%20Safety.pdf
 76. Thomas, S. D., Wiik, R. A., Brown, J. E. The Front Center Airbag // *SAE International Journal of Transportation Safety*, 2013, 1(2). P. 352–363.
 77. Frampton, R. J., Brown, R. H., Thomas, P. D., Fay, P. The Importance of Non Struck Side Occupants in Side Impacts // 42nd Annual Meeting of the Association-for-the-Advancement-of-Automotive-Medicine. 1998. P. 303-320

78. Leopold, F. Passenger Cars: Risk of Injury in Frontal Impacts. European Road Safety Decision Support System, developed by the H2020 project SafetyCube. 2016. (Электронный ресурс: www.roadssafety-dss.eu).
79. Welsh, Ruth; Morris, Andrew; Hassan, Ahamedali; Charlton, Judith; Fildes, Brian (2006). Crash characteristics and injury outcomes for older passenger car occupants. Loughborough University. Journal contribution. <https://hdl.handle.net/2134/2356>
80. **Occupant Protection** in Far-Side Impacts/ Bengt Pipkorn, Karl Johan Larsson, Daniel Perez Rapela, Craig Markusic, Bryant Whitcomb, Murthy Ayyagari and Cecilia Sunnevång// IRCOBI conference 2018
81. Tanaka, Y., Yonezawa, H., Hosokawa, N., & Matsui, Y. (2011). The Effectiveness of Curtain Side Air Bags in Side Impact Crashes. SAE International Journal of Passenger Cars - Mechanical Systems, 4(1), 73–90. doi:10.4271/2011-01-0104
82. Griffin, R., McGwin, G., & Kerby, J. (2018). Decomposition analysis of the effects of vehicle safety technologies on the motor vehicle collision-related mortality rate from 1994 to 2015. Traffic Injury Prevention, 19(sup2), S169–S172. doi:10.1080/15389588.2018.1532218
83. Welsh, Ruth; Lenard, James (2001). Male and female car drivers - difference in collision and injury risks. Loughborough University. Online resource. <https://hdl.handle.net/2134/1079>
84. «Диагностика водителя и пассажира переднего сидения по типам посадки и динамике их перемещения при фронтальных столкновениях автомобиля»
/ Шадымов А.Б., Новоселов А.С. // Медицинская экспертиза и право. — 2010 — №3. — С. 37-42.
85. Возможности установления места расположения пассажира при травмах внутри салона автомобиля по повреждениям конечностей с использованием последовательного математического анализа Эксп. С.А. Смиренин, к.м.н. З.С. Хабова, д.м.н. В.А. Фетисов/ Судебно-медицинская экспертиза, 3, 2015
86. Особенности производства комплексных экспертиз при внутрисалонной автомобильной травме
/ Фетисов В.А., Гусаров А.А., Смиренин С.А. // Судебно-медицинская экспертиза. — М., 2016 — №4. — С. 15-20.
87. Анализ смертности от транспортных травм в Алтайском крае в 2000-2012 гг / Н. В. Назаренко, Ю. Ю. Дорофеев, В. Б. Колядо, А. Б. Шадымов // Медицинская экспертиза и право. – 2014. – № 4. – С. 51-55. – EDN SXJFQX.
88. Анализ смертельной автомобильной травмы по г. Комсомольску-на-Амуре за 1994–2011 гг./ Мельников С.Г. // Избранные вопросы судебно-медицинской экспертизы. — Хабаровск, 2014 — №14. — С. 62-67.
89. Повреждения волос при дорожно-транспортных происшествиях
/ Котельникова М.В. Планида О.В. Недолуга Н.О. // Избранные вопросы судебно-медицинской экспертизы. — Хабаровск, 2008 — №9. — С. 38-41.
90. Современный взгляд на травму в салоне автомобиля\ А.Б. Шадымов, А.С. Новоселов, 2014\ СУДЕБНО-МЕДИЦИНСКАЯ ЭКСПЕРТИЗА, 2, 2014
91. Хусаинов, А. Ш. Х-98 Пассивная безопасность автомобиля. Учебное пособие для студентов направлений 190100.62 «Наземные транспортно-технологические комплексы» по профилю – Автомобиле- и тракторостроение и 190109.65 «Наземные транспортно-технологические средства» по специализации «Автомобили и тракторы» / А. Ш. Хусаинов, Ю. А. Кузьмин – Ульяновск: УлГТУ, 2011. – 92 с.
92. McCarthy, M., Chinn, B., and Hill, J., "THE EFFECT OF OCCUPANT CHARACTERISTICS ON INJURY RISK AND THE DEVELOPMENT OF ACTIVE-ADAPTIVE RESTRAINT SYSTEMS," SAE Technical Paper 2001-06-0075, 2001.

- 93.** Morris, Andrew, Ruth Welsh, Richard Frampton, Jude Charlton, and Brian Fildes. 2019. "Vehicle Crashworthiness and the Older Motorist". figshare.
<https://hdl.handle.net/2134/1123>