

О защите в боковых автомобильных ДТП

(Юскаев Ю.Ю студент МФПУ « Синергия»)

Аннотация

В представленной статье показана специфика боковых ДТП проблема РБ в боковых ДТП, показана корреляция между фронтальными и боковыми ПБ, отображена конструкция крашбоксов и предлагаемых перспективных решениях для использования в любых автомобилях.

Ключевые слова

Боковые ДТП, подушки безопасности, крашбоксы, ремни безопасности, интрузия, вторжение, эффективность подушек безопасности.

История

История боковых ПБ началась несколько позже чем фронтальных ПБ. На рынке автомобилей впервые боковые ПБ появились в середине 90-х годов [1],[7],[22],[32],[36],[62] и превысили показатель внедрения 80% в новых автомобилях уже в 2010 году[24] Интересным фактом является что боковые ПБ создавались не для «смягчения» силы удара по пассажиру и водителю а скорее для «изоляции» или «отодвигания» их от травмирующих поверхностей интерьера автомобиля [2],[7],[36] . Боковые ПБ состоят из шторок безопасности для защиты головы которые устанавливаются в крыше в салоне автомобиля над дверьми, боковых ПБ для защиты грудной клетки и таза от бокового удара которые устанавливаются в боковой двери автомобиля или в сиденье, и комбинированных ПБ для защиты и головы и туловища одновременно [7],[15],[23].

По существу эффективность ПБ основывается на том что сила удара тела человека распределяется по большей площади и благодаря упругой деформации оболочки ПБ увеличивается время удара [32],[36],[64],[73],[74].

Задолго до того как боковые ПБ стали по настоящему массовыми их эффективность оценивалась очень невысоко «в 1989 году (перспективная прим.авт.) эффективность боковых ПБ по критерию снижения травм оценивалась в периоде от 20-30%» [91] тогда как в 2012 году удалось достигнуть показателя «снижение травматизма всех областей тела на 51% и снижение травматизма всех частей тела на 61% таких как голова, шея, лицо и грудная клетка» [54]

Свойства боковых ДТП.

Автомобильное ДТП это всегда уникальное событие с множеством влияющих переменных [46] подтверждающих тот факт что двух одинаковых автомобильных ДТП быть не может,В данной статье рассматривается одно из наиболее распространенных видов автомобильных ДТП а именно боковое ДТП.

Боковые автомобильные ДТП это «Боковые удары – это удары, происходящие сбоку от транспортного средства и обычно имеющие направление силы (PDOF) между 2 и 4 и между 8 и 10 часами»[3],[12] (прим.автор.при мысленном наложении циферблата часов на автомобиль сверху) на рисунке 1 [22].

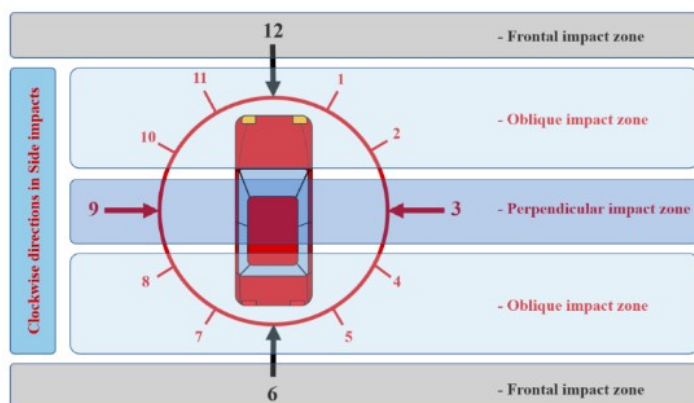


Рис.1

Статистика

Статистика боковых ДТП показывает нам различные довольно интересные данные, к примеру: в работе [80] отмечается что при боковом ударе человек получает более тяжелые травмы чем при лобовом (фронтальном)

Что касается влияния боковых ДТП на статистику смертельных травм то боковые ДТП значительно более опасны чем фронтальные и задние удары как для пассажиров так и для водителей [3],[10],[11],[16],[31],[47],[75] при этом отмечается что «боковые удары составляют от 20 до 40% всех аварий со смертельным исходом или серьезными травмами.»[8],[3С.46],[12],[13],[17],[18],[19],[21],[36],[39],[40],[42],[47],[92].

Также известно что при боковом ударе порядка в 80% случаев удар приходится на пассажирскую сторону[79]

Боковые и фронтальные ДТП суммарно являются самыми частыми и «смертельными» видами ДТП [76]. По статистике частота боковых ДТП составляют от 20% до 44.9% [9.С.24],[13],[41],[45],[47] несколько уступая фронтальным ДТП частота которых близка или превышает половину от всех случаев ДТП [9.С.24],[42],[43],[61] исходя из вышеизложенной статистики получается что несмотря на то что боковые ДТП происходят реже чем боковые, но по смертельности вполне приближаются к лобовым «Тем не менее, анализ национальных данных о несчастных случаях в Великобритании за 2004 год (STATS19) показывает, что лобовые столкновения по-прежнему являются причиной большинства смертей как водителей (58%), так и пассажиров на переднем сиденье (53%)»[44]. Интересным наблюдением является то что среди всех типов автомобильных ДТП боковые столкновения с «большой вероятностью приведут к летальному исходу (68%), чем к выживанию (32%)»[21]

Вышеуказанной статистике противоречат данные по боковым ДТП в Китае «В Китае более 26% смертей в результате дорожно-транспортных происшествий произошло в результате боковых столкновений за которыми следовали лобовые столкновения (26%)»[71] также в Австралии [47] и Польше где боковые ДТП преобладают над фронтальными и задними [20].

Относительно скоростных характеристик боковых ударов то как правило боковым ДТП характерна небольшая средняя скорость ударов «Среднее изменение скорости при ударе

(Дельта-V) составило 35 км/ч, хотя эти значения варьировались от всего 8 км/ч до более 96 км/ч. Восемьдесят девять процентов были равны или ниже 54 км/ч.» [47]

По отношению к пассажирам и водителю боковые удары подразделяются на «Ближние и дальние. То есть тот кто сидит на стороне удара тот и считается ближним ударом. В целом, ближние боковые удары связаны с более высоким риском тяжелых или смертельных травм при ударах чем с дальней стороны.»[3],[8],[13],[47],[88],[92] то есть тот кто находится ближе к стороне удара тот получает больше повреждений чем тот кто находится на соседнем сидении [47]

Основные угрозы

1.Травмирующие поверхности

Травмирующими контактными поверхностями при боковом ударе являются: внутренние поверхности дверей, боковые стойки, окна, подлокотники и.т.д. А также голова соседнего пассажира или водителя [4],[5],[12],[23],[47],[82],[84],[96]. Отдельно отмечается вопрос травмирования водителя «основным источником травм водителей при боковых ударах была дверная панель (71% всех и 28% тяжелых травм). Кроме того, ремни безопасности (35%) и приборная панель (34%) также были заметными точками контакта в этой аварийной конфигурации»[47]

Необходимо отметить что удар об твердую поверхность к примеру боковую стойку повышает риск тяжелой травмы АІЗ+ в три раза.[5]. «Для пассажиров автомобиля контакт с салоном автомобиля, усугубленный наличием постороннего вмешательства, является величайший источник смертельных и серьезных травм»[50.С.30],[34]. При испытаниях новых автомобилей на пассивную безопасность если получилось избежать удара головы манекена для испытаний с интерьером автомобиля то испытание признается пройденным [28.С.29] таким образом все внутренние поверхности автомобиля являются травмоопасными. Особо отмечается что легковые автомобили по сравнению с грузовыми и внедорожниками более уязвимы с точки зрения травм нижних конечностей при боковом ударе[6]

«Основными механизмами возникновения повреждений являются удар о внутренние части автомобиля и сдавливание тела или его частей. Значительный удельный вес автомобильной травмы в структуре смертности от механических повреждений вообще (до 50%) и от повреждений тупыми твердыми предметами, в частности (до 75%).»[51]

2.Травмы и органы

Что касается наиболее уязвимых органов при боковом ДТП то ими являются таз, грудная клетка, туловище, шея и голова[7],[23],[47],[62],[81],[88] при этом отмечается травмы головы преобладают в «смертности» автомобильных ДТП [12],[23],[36],[47],[50.С.39],[68],[96],[97], [98],[100],[101],[102],[103],[104], [105],[106],[107],[108],[109],[112].

3.Вторжение

Что такое вторжение(интрузия)? «Вторжение» — это деформация кузова с нарушением жизненного пространства человека, перемещение элементов интерьера в пределы безопасного жизненного пространства»[48]. Вторжение является очень опасным и не редким явлением в автомобильных ДТП который опасен в первую очередь для пристегнутого пассажира так как даже если благодаря РБ пассажир не достал до ударяющей поверхности головой, то «интрузия» вторжение «достает» деформированной частью салона автомобиля до пассажира или водителя и наносит ему тяжелые травмы

травмирующими поверхностями интерьера автомобиля в котором находится пассажир и водитель .

На рисунке 2 [11] показано распределение зон вторжения по глубине

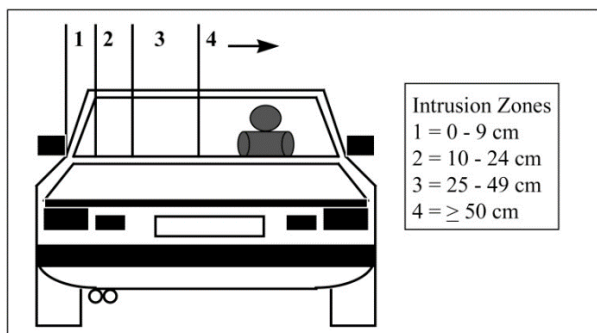


Рис.2

Распределение зон вторжения по глубине при боковом ударе.

Вторжения в автомобильных ДТП имеют определенные закономерности:

- отмечается что травм в том числе и смертельных возникающих в результате работы удерживания РБ на тело человека происходит больше чем от интрузии (вторжения) [49]
- качественной характеристикой интрузии при боковом ударе является ее скорость «скорость интрузии» [83] то есть чем больше скорость вторжения интрузии тем тяжелее травмы при боковом ударе поэтому перспективные решения связанные с внешней защитой при боковом ударе являются чрезвычайно актуальными
- место вторжения при боковом ударе. С частотой от 76-89% местом вторжения являются передняя и задняя боковая двери при этом передняя боковая чаще соответственно на боковые сиденья автомобиля [47]
- «Девяносто процентов всех боковых столкновений, в результате которых кто-либо получил травмы настолько, что потребовалась госпитализация, были связаны с проникновением в пассажирский салон» [47] «Вероятность серьезных травм в 3–10 раз выше при проникновении в пассажирский салон.»[87]
- Самой главной характеристикой интрузии является ее глубина, и чем больше глубина вторжения тем больше травм и их степень тяжести[42],[48],[49] к примеру «Было обнаружено, что проникновение на глубину от 3 до 7 см увеличивает вероятность перелома таза на 80%, при этом интрузия более 61 см увеличивает вероятность перелома таза более чем в 26 раз. По сравнению с отсутствием вторжения. Следует отметить, что наибольшее увеличение риска перелома бедра наблюдается замечено при переходе от интервала внедрения 15-29 см к интервалу 30-45 см.»[6]. В другом исследовании также посвященному боковому удару и вторжению указывается что «Однако результаты показывают, что в большинстве случаев проникновение составляло менее 25 см, (72% выборки несчастных случаев, увеличиваясь с взвешиванием до 82% в совокупности несчастных случаев)»[11].

4. Выskalзывание.

Непременным спутником вторжения в боковых ДТП является выскальзывание из под диагонального пояса РБ верхней части туловища пристегнутого пассажира или водителя при боковом ударе [67],[110],[104] . Выskalзывание происходят при боковом ударе или

опрокидывании из за того что конструкция трехточечных ПБ не предусматривает удержания верхней половины туловища и головы человека с последующим ударом об элементы интерьера.



Рис.3

На рис.3 [63] показано моделирование смещения тела пристегнутого человека при боковом косом ударе в сторону боковой стойки автомобиля.



Рис.4

На рисунке 4[66] показаны испытания с кадавром и на данном фото отчетливо видно как соскакивает плечевая или диагональная лямка не удерживает верхнюю часть туловища и голову от смещения и тело человека выскальзывает из под нее



Рис.5

На рис.5 [12] показан эффект выскальзывания манекена из под ремня при боковом ударе с последующим ударом головой об соседнего пассажира

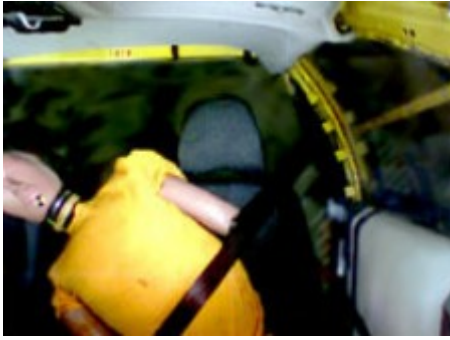


Рис.6

На рисунке 6[110] показан эффект выскальзывания из под ремня при опрокидывании что является по сути разновидностью бокового удара. Также в процессе работы выявлено еще одно травмирующее явление а именно раздавливание или защемление таза пристегнутого поясной частью [111] ограничивающее движение пассажира или водителя при боковом ударе возникающее при вторжении тел пристегнутого человека под воздействием вторжения «сдвигается» вовнутрь салона от боковой двери к замку РБ сила раздавливания напрямую зависит от глубины вторжения при боковом ударе. Данный факт подтверждается в работе «Случаев защемления среди тех, кто не пристегнулся ремнями безопасности, было меньше, чем среди тех, кто его пристегнул (14% по сравнению с 39%).» [47С.32].

5. Эжектирование

Эжектирование в ДТП- это явление выбрасывания из автомобиля непристегнутого пассажира или водителя через оконный или дверной проем. Эжектирование бывает полным или частичным. Полное эжектирование означает выбрасывание тела человека через окно автомобиля к примеру на дорожную поверхность. Частичное эжектирование - это неполное выбрасывание части тела человека к примеру головы через чаще всего оконный проем наружу[82],[93],[94] с последующим ударом головы об травмоопасную твердую поверхность внешнего травмирующего объекта которым может быть к примеру столб или дерево итд [36]. Что касается вопроса защиты от частичного эжектирования то эффективным решением является шторка безопасности [93].

Защитные решения

1. Энергопоглощение удара.

Изобретателем концепции «сминаемых зон» является выдающийся инженер-изобретатель Бела Бареньи. Он задумал конструктивно разделить автомобиль на три связанные между собой части или зоны сминаемые зоны в передней и задней части кузова состоящие из более «мягкого» металла и «обитаемая» зона салона автомобиля или «пространство выживания» изготовленная из значительно более прочного металла. Данное решение было чрезвычайно «прорывным» для своего времени, но имело в своей сути большой недостаток который вскрылся в последствии. А именно конструктивная невозможность размещения эффективных сминаемых зон при ударе сбоку в правой и левой части

автомобиля. Предположительно так получилось из за того что «фронтальные» ДТП преобладают в общей статистике ДТП [27] и «медийности» в СМИ. А также из за требования увеличения вместимости автомобиля.

Одним из важных автомобильных, эффективных, технических решений которые позволяют рассеивать и поглощать энергию удара являются «краш боксы», которые являются наиболее эффективным инструментом для реализации концепции сминаемых зон, рассмотрим как они выглядят и работают рис.7 [28]

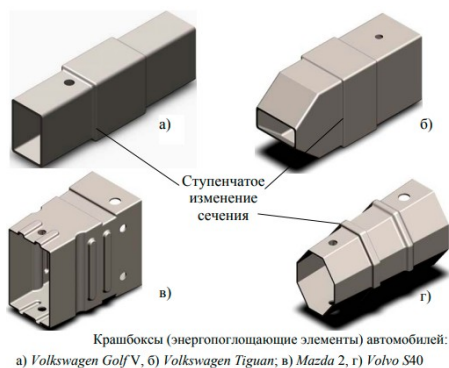


Рис.7

2. «Крашбоксы – это заменяемые (при ремонте) конструктивные элементы силовой структуры кузова или рамы автомобиля, предназначенные для поглощения энергии удара, направленной вдоль оси элемента, путем множественной деформации в заранее предусмотренной последовательности (программируемая зона деформации). Основным конструктивным решением, позволяющим крашбоксам поглощать значительную часть энергии удара, чаще всего является ступенчатое изменение размеров его сечения (рис.1). Место изменения сечения снижает устойчивость элемента (с точки зрения устойчивости стержня от продольной нагрузки) и в этом месте образуется складка, размеры которой по мере действия нагрузки постепенно нарастают, деформируются все новые и новые участки крашбокса» рис.8 [28] то есть речь идет о концентраторах напряжений расположенных таким образом чтобы обеспечить «ступенчатую» деформацию крашбокса

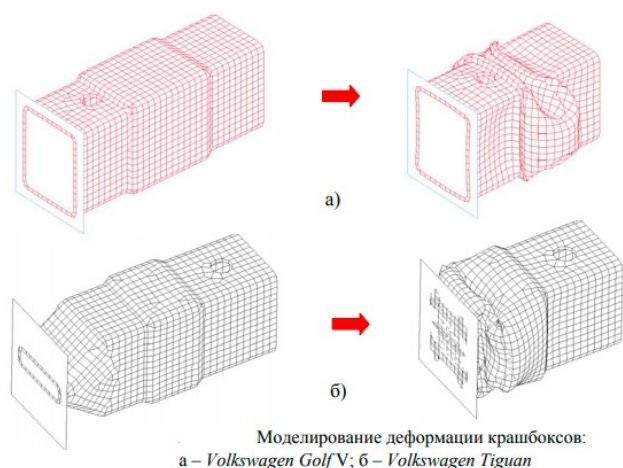


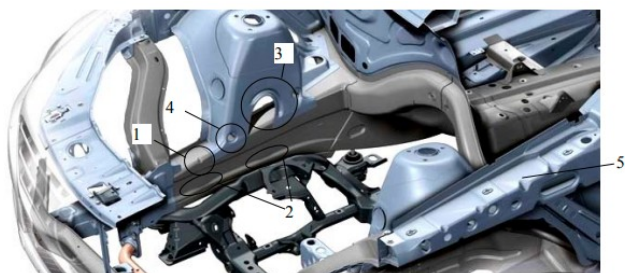
Рис.8

Рассмотрим «реальную» работу крашбоксов в настоящих краш-тестах на рис.9[29] результат энергопоглощения крашбоксов при лобовом ударе через переднюю поперечную балку



Рис.9

На конструкцию и эффективность «Крашбоксов» влияет множество технических приемов на рисунке 10[28] на примере автомобиля Мерседес



Места программированной деформации на лонжероне автомобиля Mercedes ML 2011 года:
 1 – залом на ребре лонжерона; 2 – подштамповка, изменяющая форму сечения лонжерона;
 3 – ручей программированной деформации; 4 – отверстие-концентратор напряжений;
 5 – усилитель крыла переменного сечения

Рис.10

Поиск наиболее эффективных решений по энергопоглощению удара в лобовых ДТП был весьма длительным но как показало время и практика это привело к весьма достойному результату. Приведем наглядный пример, краш тесты автомобиля Saab разных моделей и годов выпуска на рисунке 11 [26]



1995 Saab 900—Poor structure



1999 Saab 9-3—Improved structure



2003 Saab 9-3—Good structure

Рис.11

Самое главное преимущество отчетливо видно на третьей фотографии рис.11 это отсутствие вторжения в салон и нарушения жизненного пространства салона автомобиля. На первом и втором фото отчетливо видна деформация передней стойки с изменением проема двери деформацией и смещением самой двери с частичным вторжением в салон автомобиля.

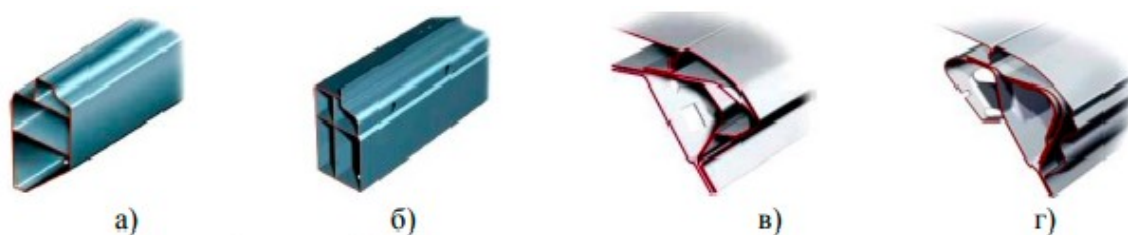
Предположительно данный краш тест проводился на скорости 64км/ч с 25% перекрытием. Интересным фактом является то что «краш-тесты проводят на скорости 56...64 км/ч – это та скорость, до которой успевают замедлиться автомобили.»[28].

Боковые крашбоксы

Конструктивно вся внешняя боковая часть автомобиля является зоной энергопоглощения но тем не менее в реальности существующей повседневной эксплуатации с задачей эффективного поглощения и рассеивания энергии удара она не справляется. При конструировании автомобилей инженерам необходимо учитывать требование вышестоящего руководства учитывать металлоемкость основного материала для изготовления автомобиля напрямую влияющего на конечную стоимость автомобиля.

Эффективными решениями для защиты являются крашбоксы, Что касается их интегрирования их для защиты от бокового удара в конструкции автомобиля предусматриваются крашбоксы встроенные в пороги автомобиля и в боковой профиль крыши автомобиля. Но тем не менее по сравнению с фронтальными крашбоксами боковые крашбоксы малоэффективны что довольно хорошо известно и изучено в работах [11],[21],[23],[28],[30],[33].

Самой большой трудностью при разработке боковой защиты является отсутствие достаточного места для размещения крашбоксов [28] ввиду того что это непременно привело бы к значительному увеличению габаритов автомобиля «вширь» что категорически неприемлемо, в боковой части автомобиля энергопоглощение удара ограничено. Рассмотрим как интегрированы боковые крашбоксы в автомобиль на рисунке 12[28]



Сечения элементов силового каркаса салона:

а – трехкамерный порог *Audi A8* (седан); б – четырехкамерный порог *Audi TT* (кабриолет);
в, г – прогон рамы крыши соответственно *Audi A3* и *A6*

Рис.12

Боковые крашбоксы значительно уступают фронтальным крашбоксам в первую очередь размерами, «При лобовых и задних ударах доступная зона раздавливания, необходимая для поглощения удара, обычно составляет порядка 500 мм. При боковом ударе она составляет около 150 мм.»[34] также отмечается что передняя часть автомобиля способна

поглощать и рассеивать от 2-5 раз большую энергию удара чем боковая часть автомобиля [78].

Недостатки крашбоксов

Самым главным недостатком боковой защиты автомобиля в ДТП является фактически отсутствие эффективной защиты на уровне головы, слабая защиты боковой части грудной клетки и таза пассажира и водителя автомобиля «Немного деформироваться от бокового удара может только нижняя часть каркаса салона. В верхней части каркаса салона зон деформации нет » [28] как пассажиры так и водитель находятся по сути «между» боковыми «крашбоксами». Ситуация ухудшается и тем что мы не знаем где именно произойдет первый удар и на каком уровне будет место приложения силы удара в боковую часть автомобиля как к примеру на рис. 14[26] одно дело если оно будет на уровне ног другое на уровне таза и третье на уровне головы. Что касается бруса безопасности в двери автомобиля то предположительно, его эффективность является чрезвычайно низкой, косвенным подтверждением данного факта является то что скорость бокового удара 40км\ч и выше является угрожающей с точки зрения травм и гибели при боковом ударе [37], [38],[62]. Неспособность бокового бруса в двери полностью защитить при боковом ударе прямо отмечается в работе «Из этого мы можем видеть, что балка является важным элементом безопасности но он не способен обеспечить полную защиту пассажиров при боковом ударе.» [63]



Рис.13

На рисунке 13 [63] показано расположение брусьев безопасности в дверях позиция а отображена противобурионная балка в двери автомобиля позиция б энергопоглощающие поперечины двери[63]

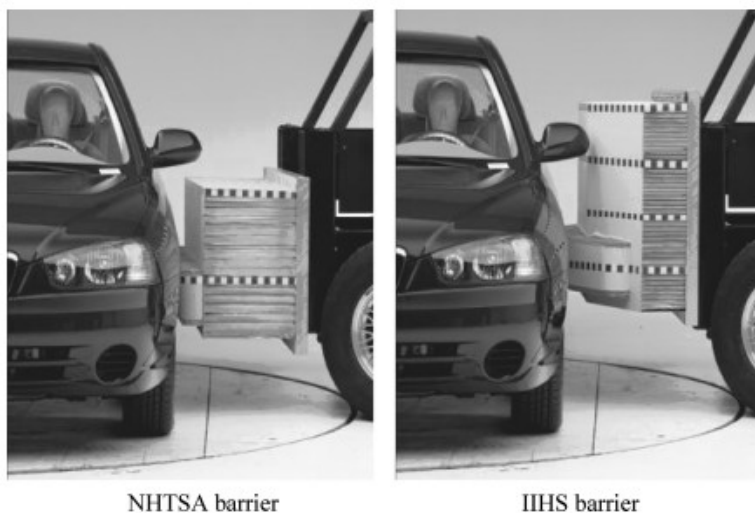


Рис.14

Отдельно необходимо рассмотреть случаи бокового удара грузовым автомобилем где место соударения передней частью автомобиля является как правило бампер, выше порогов с расположенными в них крашбоксами или вообще на уровне головы пассажиров и водителя как на рис.14[35]. И в таком случае возникает вопрос, что защищает голову водителя и пассажира при боковом ударе как на рисунке 15[35] если защитные конструкции расположены выше и ниже головы и какой смысл защищать ноги, таз и туловище если удар приходится по голове???



Рис.15

Подушки безопасности

Самой главной целью удерживающих устройств (РБ и ПБ) является недопущение ударного контакта об травмоопасные поверхности интерьера автомобиля

Самым главным отличием фронтальных ПБ от боковых является тот что боковые ПБ не сдуваются в момент удара а сохраняют внутреннее давление за счет отсутствия клапанов сдутия и газонепроницаемого покрытия оболочки ПБ на рис16 показано как боковые ПБ надуты а фронтальные практически сдулись



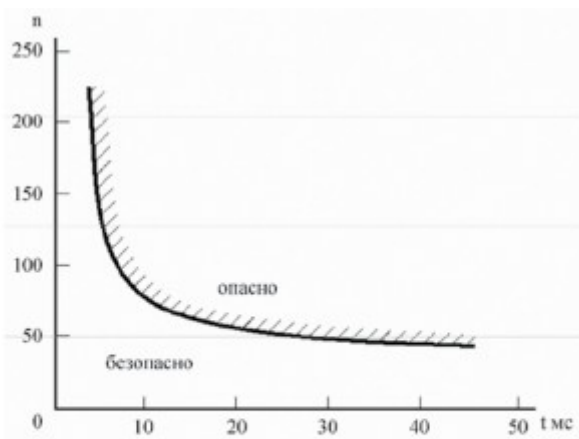
Рис.16[95.Таймкод 0:21]

Критерии и факторы влияния	Фронтальные ПБ и ДТП	Боковые ПБ и ДТП
Клапана стравливания газа	Есть [36] диаметр 35мм[52]	Отсутствуют [2] герметичн. [28],[36],[56]
Пиковое давление	1-3 БАР[2]	3.4[36]-9 БАР[2]
Внутренний объем	60-150 литров [2],[36],[64]	6-20 литров [2],[36]
Время раскрытия	50-65мс[2],[36]	несколько миллисекунд[36], от 15-30мс[53], [23],[72],[36]
Взаимодействие с РБ	Высокоэффективны с ПБ Сниж.80-90% травмы, 40% смертность [65] « >80% сниж.смертности» [68] 75% снижение травм [36]сниж.смертн.46% [86]	РБ не влияют или низкоэффективны [22],[72], [85],[89] ввиду эффекта выскальзывания [66],[67],[31], [90]отсутствующая защита головы[89] при бок.ударе об стойку [23]
Зона энергопоглощения	500мм [34] от 2-5 раз превышает боковую по рассеиванию энергии [78]	150мм [34] недостаточная [36], [33],[31],[78]
Эффективность	«Снижение смертн.водит. РБ+ПБ более 80%»[36] «Снижение травм до 76%» [57] Снижение смертности водителей 37-52% [55] «Сниж тяжести травм при лобовых столкновениях до 65% на уровне груди и до 75% на уровне головы»[58] «Снижение черепно-мозговых травм MAIS 2+ на 42%».[60] «Сниж.80-90% травмы, 40% смертность» [65] « >80% сниж.смертности» [68] «Снижение количества пострадавших с максимальной сокращенной шкалой травм (MAIS) 3+ 87,4%» [76]	«снижение травматизма всех областей тела на 51% и снижение травматизма всех частей тела на 61%. голова, шея, лицо и грудная клетка» [54] «Травмы головы, шеи, лица, груди и живота были на 48% ниже»[14] «Боковые ПБ Сниж.риска травмы головы 75%,защита торса 68% Сниж.Риск смерти 37-45%»[7],[25] 68 ± 16% сниж.травмы головы [59]сниж.смертн.вод. 37%[23], «снижение смертности 50%»[69] «смертности составило около 41,3%. Снижение перегрузки в 5.1 раз»[70] «сниж.ускор.головы на 42%, уменьш.сжатие грудной клетки на 54%»[59]
Взаимодействие с контактной травмирующей поверхностью	При лобовом ударе до любой травмирующей поверхности есть некоторое расстояние	Травмирующая поверхность находится вплотную к телу [53], [77].

Таб17. Сравнение боковых и фронтальных ПБ

Согласно таблице 17, в процессе исследования эффективности боковых ПБ, авторами было обнаружено два противоречия первое: вопреки ожиданиям более жесткая значительно уступающая фронтальной ПБ в объеме боковая ПБ находящаяся в значительно более трудных условиях эксплуатации с точки зрения размеров и расположения крашбоксов показывает сравнимые показатели эффективности с фронтальными ПБ. Второе противоречие: опирается на вполне логичное утверждение суть которого является вред упругого отскока напрямую зависящего от жесткости ПБ.

В работах [36], [112], [113] считается что на переносимость человеком перегрузки сильно зависит время перегрузки зависит скорость потерянная при ударе то есть скорость упругого отскока в отрицательную сторону в идеальной ситуации упругого отскока быть не должна



Кривая Патрика. Граница ударного воздействия на голову человека, вызывающего сотрясение мозга средней степени тяжести. Удар лбом о твердую плоскость; n — перегрузка на голове

Рис.18

Возможно согласно кривой Патрика рис.18 [112] переносимость перегрузки напрямую коррелирует с временем то есть обратно пропорциональна времени согласно кривой Патрика есть корреляция между величиной перегрузки и ее продолжительности предположительно механизм следующий при ударе происходит движение мозга и мозговой жидкости но если он происходит до определенного времени происходит обратное движение мозга и травмирующего удара об черепную коробку изнутри не происходит, то есть предположительно время травмирующего воздействия для мозга снижается или вовсе не происходит из за демпфирующего воздействия мозговой жидкости при ударе лбом об твердую поверхность допустимый период времени составляет 5мс с показателем приблизительно 225g [112] а при ударе головой об подушку безопасности оптимальным временем является 110мс при этом происходит снижение максимального ускорения с 129,1 g до 24,9 g [70]

Решения.

Предположительно очень перспективным и эффективным решением для защиты пассажиров и водителей в боковых автомобильных ДТП являются внешние подушки безопасности. Первым предлагаемым решением является всенаправленная секторная система подушек безопасности системой из датчиков и блока управления который

раскрывает тот сектор подушек безопасности с той стороны с которой происходит удар по автомобилю перед столкновением патент [114]. Вторым решением куда более приближенным к указанной проблеме предлагается боковые ПБ от компании ZF согласно данным производителя показатели эффективности следующие: снижение тяжести травм 40%, снижение интрузии (вторжение) до 30%.[115]. Также перспективным решением является переносная (активная) подушка безопасности для пассажира автомобиля разработанная канд.физ.-мат.наук Раевской Л.Т и студеном МФПУ «Синергия» Юскаевым Ю.Ю которая является персональным аксессуаром пассажира рис.19



Рис.19

В данном решении поставлен акцент на защиту головы на представленном макете пассажир защищен при ударе сбоку надувной секцией ПБ закрывающей грудную клетку сбоку. При этом рука не защищена ввиду необходимости открывать и закрывать дверь автомобиля самостоятельно без помощи водителя. По сути данное решение является «предзащитой» то есть переносная подушка безопасности готова к ДТП ее не нужно надувать с помощью газогенератора что упрощает и удешевляет по сравнению с традиционными ПБ с классическими газогенераторами. Стоит особо отметить что предложенное решение является по сути весьма актуальным особенно если посмотреть на современные разработки ведущей компании по автомобильной безопасности Joysong Safety рис.20[116] вид сбоку и рис.21[116] вид сверху



Рис.20



Рис.21

Также в 2020 году авторами был представлен перспективный вариант подушки безопасности для пассажира защищающий голову при боковом ударе и грудную клетку рис.22 [117]



Рис.22

Недостатком данного варианта является отсутствие боковой защиты туловища, таза и нижних конечностей пассажира при боковом ударе. А также отсутствие защиты головы от удара об крышу при опрокидывании.

Выводы.

Боковые ПБ которые жестче фронтальных ПБ имеют значительно меньший объем и должны скорее травмировать а не защищать оказываются равными по эффективности с фронтальными. Предположительно упругий отскок головы от боковых ДТП возникающий из за значительно большего пикового давления чем у фронтальных ПБ является положительным явлением для мозга из за того что в фазе деформации мозг просто не успевает травмироваться ввиду малой продолжительности ударной перегрузки.

Словарь терминов

ПБ-подушка безопасности

РБ-ремень безопасности

Список литературы

1. EFFECT OF SIDE IMPACT PROTECTION IN REDUCING INJURIES Helena Stigson (1) Anders Kullgren (1, 2) 1) Folksam Research, Stockholm, Sweden 2) Department of Applied Mechanics, Vehicle Safety Division, Chalmers University of Technology, Göteborg, Sweden. Paper Number 11-0319
2. Mikáczó, V., Siménfalvi, Z., & Szepesi, G. L. (2018). Investigation of Pressure Rise in Automotive Airbags. *Vehicle and Automotive Engineering* 2, 466–475. doi:10.1007/978-3-319-75677-6_40
3. Hermitte, T. (2016), Passenger cars - risk of being injured following side impact, European Road Safety Decision Support System, developed by the H2020 project SafetyCube.
4. Lai, Xinghua, Chunsheng Ma, Jingwen Hu, and Qing Zhou. 2012. "Impact Direction Effect on Serious-to-Fatal Injuries among Drivers in near-Side Collisions according to Impact Location:

- Focus on Thoracic Injuries.” Article. *Accident Analysis & Prevention* 48: 442–50.
doi:<http://dx.doi.org/10.1016/j.aap.2012.02.023>.
5. Nirula, R, and F A Pintar. 2008. “Identification of Vehicle Components Associated with Severe Thoracic Injury in Motor Vehicle Crashes: A CIREN and NASS Analysis.” Article. *Accident Analysis & Prevention* 40 (1): 137 doi:<http://dx.doi.org/10.1016/j.aap.2007.04.013>.
 6. Schiff, Melissa A., Allan F. Tencer, and Christopher D. Mack. 2008. “Risk Factors for Pelvic Fractures in Lateral Impact Motor Vehicle Crashes.” *Accident Analysis and Prevention* 40 (1): 387–91. doi:10.1016/j.aap.2007.07.005.
 7. Jänsch, M., O’Connell, N. (2017), Side airbags, European Road Safety Decision Support System, developed by the H2020 project SafetyCube.
 8. Laberge-Nadeau, C., Bellavance, F., Messier, S., Vezina, L., Pichette, F. (2009) “Occupant injury severity from lateral collisions: A literature review”. *Journal of Safety Research* 40 (2009) 427–435
 9. Батманов, Э. З. 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
 10. 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.roadsafety-dss.eu)
 11. 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
 12. 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.
 13. Hostetler, Z. S., Hsu, F.-C., Barnard, R., Jones, D. A., Davis, M. L., Weaver, A. A., & Gayzik, F. S. (2020). Injury risk curves in far-side lateral motor vehicle crashes by AIS level, body region and injury code. *Traffic Injury Prevention*, 21(sup1), S112–S117.
doi:10.1080/15389588.2021.1880006 10.1080/15389588.2021.1880006
 14. D’Elia, A., Newstead, S. & Scully, J. (2013). Evaluation of vehicle side airbag effectiveness in Victoria, Australia. In: *Accident Analysis & Prevention*, vol. 54, p. 67-72.
 15. Veilige personenauto’s. SWOV-factsheet, februari 2022 SWOV – Instituut voor Wetenschappelijk Onderzoek Verkeersveiligheid, Den Haag
 16. Subit, D.; Duprey, S.; Lau, S.; Guillemot, H.; Lessley, D.; Kent, R. Response of the human torso to lateral and oblique constant-velocity impacts. *Ann. Adv. Automot. Med.* 2010, 54, 27–40.
 17. IIHS Fatality Facts 2020 Passenger Vehicle Occupants. Available online: <https://www.iihs.org/topics/fatality-statistics/detail/passenger-vehicle-occupants> (accessed on 1 January 2020).
 18. Thomas, P.; Welsh, R.; Lenguerrand, E.; Vallet, G.; Otte, D.; Straandroth, J. Priorities for Enhanced Side Impact Protection in Regulation 95 Compliant Cars; National Highway Traffic Safety Administration: Washington DC, USA, 2009.
 19. Morris, A.P.; Hassan, A.M.; Mackay, M. Chest injuries in real-world side impact crashes: An overview. In *Proceedings of the International Research Council on the Biomechanics of Injury Conference*, Hanover, Germany, 24–26 September 1997; pp. 165–178.
 20. Szumska, E.; Frej, D.; Grabski, P. Analysis of the causes of vehicle accidents in Poland in 2009–2019. *LOGI Sci. J. Transp. Logist.* 2020, 11, 76–87.
 21. Bédard, M.; Guyatt, G.H.; Stones, M.J.; Hirdes, J.P. The independent contribution of driver, crash, and vehicle characteristics to driver fatalities. *Accid. Anal. Prev.* 2002, 34, 717–727.

22. Kong, J.S.; Lee, K.H.; Kang, C.Y.; Choi, D.; Kim, O.H. Preventive Effectiveness of Thoracic Side Airbags in Side-Impact Crashes Based on Korea In-Depth Accident Study (KIDAS) Database. *Int. J. Environ. Res. Public Health* 2022, 19, 15757.
<https://doi.org/10.3390/ijerph192315757>
23. 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
24. A DISSERTATION SUBMITTED TO THE FACULTY OF THE GRADUATE SCHOOL OF THE UNIVERSITY OF MINNESOTA/ BY Sergiy Golovin IN PARTIAL FULFILLMENT OF THE REQUIREMENTS FOR THE DEGREE OF //Doctor of Philosophy Amil Petrin, Advisor ///May, 2020
25. McGwin G., Jr., Metzger J., Rue L.W., 3rd The influence of side airbags on the risk of head and thoracic injury after motor vehicle collisions. *J. Trauma*. 2004;56 doi: 10.1097/01.TA.0000114272.37352.21.
26. O'Neill, B. (2009). Preventing Passenger Vehicle Occupant Injuries by Vehicle Design—A Historical Perspective from IIHS. *Traffic Injury Prevention*, 10(2), 113–126 doi:10.1080/15389580802486225
27. Thomas, P, Muhlrads, N, Hill, J, Yannis, G, Dupont, E, Martensen, H, Hermitte, T, Bos, N (2013) Final Project Report, Deliverable 0.1 of the EC FP7 project DaCoTA
28. Хусаинов, А. Ш. 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. – 89 с. ISBN 978-5-9795-0916-7
29. https://en.wikipedia.org/wiki/Crumple_zone
30. Stigson, H., & Kullgren, A. (2011). Effect of side impact protection in reducing injuries. In 22nd International Conference on the Enhanced Safety Vehicles (ESV).
31. Intas, George, and Pantelis Stergiannis. "How safe are the airbags? A review of literature." *Health Science Journal* 5.4 (2011): 262.
32. SAFETY SELLS Market Forces and Regulation in the Development of Airbags By Martin Albaum Copyright © 2005 Martin Albaum and the Insurance Institute for Highway Safety All rights reserved
33. Ito F, Tsutsumi Y, Shinohara K, Fukuhara S, Kurita N. Vehicle configurations associated with anatomical-specific severe injuries resulting from traffic collisions. *PLoS One*. 2019;14(10):e0223388. Published 2019 Oct 7. doi:10.1371/journal.pone.0223388
34. Christensen, J., & Bastien, C. (2016). Vehicle Architectures, Structures, and Safety Requirements. *Nonlinear Optimization of Vehicle Safety Structures*, 1–49. doi:10.1016/b978-0-12-417297-5.00001-8
35. <https://tolknews.ru/news/4653-dtp-s-ucastiem-kamaza-i-legkovuski-proizoslo-na-altae>
36. 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
37. Yang, J. Review of Injury Biomechanics in Car-Pedestrian Collisions. *Int. J. Veh. Saf.* 2005, 1, 100–107
38. Sivaranjani, T.; DhiviyaLakshmi, L.; Yogaaravinth, R.; Srivishnu, J.; Sri Karthick, M.M.; Praveenkumar, A. Fall assessment and its injury prevention using a wearable airbag technology. In *Proceedings of the IEEE International Conference on Power, Control, Signals and Instrumentation Engineering*, Chennai, India, 21–22 September 2017

39. Traffic safety facts 2001. Report no. DOT HS-028209–484, 2001. Available at <http://www.nrd.nhtsa.dot.gov/pdf/nrd-30/NCSA/TSEAnn/>
40. Serious Injuries 2015 European Road Safety Observatory https://ec.europa.eu/transport/road_safety/sites/roadsafety/files/ersosynthesis2015-seriousinjuries25_en.pdf
41. Assessment of Crash Energy - Based Side Impact Reconstruction Accuracy. Johnson, Nicholas S. 2011
42. Digges K, Bahouth G. Frequency of injuries in multiple impact crashes. *Annu Proc Assoc Adv Automot Med.* 2003;47:417-23. PMID: 12941239; PMCID: PMC3217534.
43. 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. PMID: 16179140; PMCID: PMC3217440.
44. Frampton R, Page M, Thomas P. Factors related to fatal injury in frontal crashes involving European cars. *Annu Proc Assoc Adv Automot Med.* 2006;50:35-56. PMID: 16968628; PMCID: PMC3217489.
45. CHIPMAN, M. L. (2004). Side Impact Crashes – Factors Affecting Incidence and Severity: Review of the Literature. *Traffic Injury Prevention*, 5(1), 67–75.
doi:10.1080/15389580490269218
46. Kiran C. More, Girish M. Patil, Akash A. Belkhede, Design and analysis of side door intrusion beam for automotive safety, *Thin-Walled Structures*, Volume 153, 2020, 106788, ISSN 0263-8231, <https://doi.org/10.1016/j.tws.2020.106788>.
47. Passenger cars and occupant injury side impact crashes. Fildes B.N, Lane J.C, Lenard J, Vulcan A.P. Monach University April 1994
48. Cammisa, M., Ferguson, S., Lund, A., Reed, R. Driver Fatalities in Frontal Crashes of Airbag-Equipped Vehicles: A Review of 1989-96 NASS Cases // SAE Technical Paper, 2000. (Электронный ресурс: <https://doi.org/10.4271/2000-01-1003>).
49. DP Wood¹, CK Simms², C Glynn¹ and N Veyrat^{1,3} ¹Denis Wood Associates, Dublin, Ireland ²Trinity Centre for Bioengineering, Trinity College Dublin, Ireland ³INSA de Lyon, Dep. GMD, 69621 Villeurbanne Cedex, France «FRONTAL INJURY RISK CRITERION» IRCOBI Conference - Madrid (Spain) - September 2006
50. DaCoTA (2012) Vehicle Safety, Deliverable 4.8u of the EC FP7 project DaCoTA
51. Судебно-медицинская экспертиза автомобильной травмы : лекция // Избранные лекции по судебной медицине (судебно-медицинская травматология) / Лев Моисеевич Бедрин. — Ярославль: Ярославск. гос. мед. институт, 1989. — С.41-69.
52. 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>
53. WELSH, R., REED, S. and MORRIS, A., 2008. AIS 3+ head injury mechanisms and crash characteristics - a review of airbag deployed crashes. International IRCOBI Conference on the Biomechanics of Impact, 17-19 September, Bern, Switzerland
54. Anonymous, Evaluation of Side Airbag System Effectiveness, Monash University Accident Research Centre, Victoria, Australia, 2012. Available at <http://www.vicroads.vic.gov.au/Home/SafetyAndRules/SaferVehicles/BuyingASafeCar/Sidecurtainairbags.htm>
55. A.T. McCartt and S.Y. Kyrychenko, Efficacy of Side Airbags in Reducing Driver Deaths in Driver-Side Car and SUV Collisions. *Traffic Inj. Prev.* 8(2) (2007) pp. 162–170

56. Chen, Ge & Li, Jia. (2011). Influence of Different Airbag Fabrics on Airbag Performance. *Advanced Materials Research*. 332-334. 1053-1057. 10.4028/www.scientific.net/AMR.332-334.105
57. Johannsen, H. (2018), Frontal airbags, European Road Safety Decision Support System, developed by the H2020 project SafetyCube. Retrieved from www.roadsafety-dss.eu
58. DUMITRASCU D. I., DUMITRASCU A. E. Design Failure Mode and Effects Analysis (DFMEA) for Automotive Safety Systems. . (2019), 59:119-12
<https://doi.org/10.31926/RECENT.2019.59.119>
59. Viano DC, Parenteau CS. Difference in dummy responses in matched side impact tests of vehicles with and without side airbags. *Traffic Inj Prev*. 2016;17(5):524-529.
doi:10.1080/15389588.2015.1120295
60. Wallis LA, Greaves I. Injuries associated with airbag deployment. *Emergency Medicine Journal* 2002;19:490-493. <http://dx.doi.org/10.1136/emj.19.6.490>
61. The potential effectiveness of adaptive restraints R. Cuerden (1), J. Hill, A. Kirk (2), M. Mackay (1) Automotive Safety Centre Birmingham University(2) Vehicle Safety Research Centre Loughborough University(UK)
62. Kazuo Higuchi, Analysis of Side Impact Airbag Performance in NASS CDS, *International Journal of Automotive Engineering*, 2021, 12 卷, 3 号, p. 94-100, 公開日 2021/09/10, Online ISSN 2185-0992, Print ISSN 2185-0984, <https://doi.org/10.20485/>
63. VIBROENGINEERING. JOURNAL OF VIBROENGINEERING. JUNE 2012. VOLUME 14, ISSUE 2. ISSN 1392-8716 Impact of anti-intrusion beam effectiveness on reducing fatalities and injuries of vehicle occupants E. Černiauskas¹ A. Keršys², V. Lukoševičius³, R. Skvireckas⁴
64. Sikata Samantray, Shikha Parashar, Airbag used in automobile, *Materials Today: Proceedings*, Volume 81, Part 2, 2023, Pages 593-596, ISSN 2214-7853, <https://doi.org/10.1016/j.matpr.2021.03.743>.
65. 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]
66. INJURY OUTCOMES IN SIDE IMPACTS INVOLVING MODERN PASSENGER CARS Ruth Welsh Andrew Morris Vehicle Safety Research Centre Loughborough University UK Ahamedali Hassan 2006
67. Occupant Protection in Far-Side Impacts/ Bengt Pipkorn, Karl Johan Larsson, Daniel Perez Rapela, Craig Markusic, Bryant Whitcomb, Murthy Ayyagari and Cecilia Sunnevang// IRCOBI conference 2018
68. 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
69. 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
70. 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
71. Zhang, X.; Yao, H.; Hu, G.; Cui, M.; Gu, Y.; Xiang, H. Basic characteristics of road traffic deaths in China. *Iran. J. Public Health* 2013, 42, 7–15. [Google Scholar] [PubMed]
72. Li, M.; Zhang, D.; Liu, Q.; Zhang, T. Driver Injury from Vehicle Side Impacts When Automatic Emergency Braking and Active Seat Belts Are Used. *Sensors* 2023, 23, 5821. <https://doi.org/10.3390/s23135821>

73. Shaikh, Tasnim & Chaudhari, Dr. Satyajeet & Rasania, Hiren. (2013). Air Bag: A Safety Restraint System of an Automobile. *Int. Journal of Engineering Research and Application*. 3. 615-621
74. <http://www.chemistry.wustl.edu/~edudev/LabTutorials/Airbags/airbags.html>
75. Luzon-Narro, J.; Arregui-Dalmases, C.; Hernando, L.M.; Core, E.; Narbona, A.; Selgas, C. Innovative passive and active countermeasures for near side crash safety. *Int. J. Crashworthiness* 2014, 19, 209–221
76. Lee, B.K.; Han, E.J.; Sohn, S.Y.; Kim, Y.S.; Yoon, J.Y.; Choi, J.Y. A Cost–Benefit Analysis to Assess the Effectiveness of Frontal Center Curtain Airbag. *Sustainability* 2017, 9, 1745. <https://doi.org/10.3390/su9101745>
77. Arathanaikotti P., Prakash R. V. Numerical Simulation and Occupant Injury Prediction Under Side Impact Loading Using Human Surrogate Model //ASME International Mechanical Engineering Congress and Exposition. – American Society of Mechanical Engineers, 2022. – T. 86717. – C. V009T14A003.
78. CESARI, D. & BLOCH, J. (1984). The influence of car structures behaviour on occupant protection in car to car side impact. *Vehicle Structures, International Conference on Vehicle Structures*, C163184, 7-10, Mechanical Engineering Publications Ltd.; London. England.
79. MACKAY, M. (1990). Notes on a seminar. Monash Accident Research Centre and Royal Australasian College of Surgeons, 22 May, 1990. Melbourne. Vic., Australia.
80. HALAND, Y. (1991). Car to car impacts. Occupant injuries and a new subsystem test method to evaluate protective systems. Thesis, Chalmers Tekniska Högskola. Goteborg
81. LESTINA, D., GLOYNS, P.F. & RATTENBURY, S.J. (1990). Fatally injured occupants in side impact crashes. Insurance Institute for Highway Safety. Arlington, VA
82. WILLKE, D.T. R; MOH'R, MW. (1986). Side interior stiffness measurement. 30th STAPP Car Crash Conference Proceedings, P-189. 81-98, SAE paper 861880. Society of Automotive Engineers. Warrendale: PA, USA.
83. CESARI D. (1983). A review of injury mechanisms tolerance data and protection criteria in side impact accidents. *Proceedings of a Seminar on Biomechanics of Impacts in Road Accidents*, EUR8939 EN: Commission of the European Communities. Brussels, pp 132-1
84. SHIMODA, N., NISHIDA, Y. & AKIYAMA, A. (1989). Effect of belt restraint systems on occupant protection performance in side impact crashes. *Twelfth International Conference on Experimental Safety Vehicles, Proceedings*, Vol2,963-968.
85. JONES, I.S. (1982). Injury severity versus crash severity for front seat car occupants involved in front and side impacts. *Proceedings of the 26th Annual Conference, American Association for Automotive Medicine*, 17-35, Ontario, Canada
86. Chen R, Gabler HC. Risk of thoracic injury from direct steering wheel impact in frontal crashes. *J Trauma Acute Care Surg* 2014;76(6):1441–1446
87. Fadl, S. A., & Sandstrom, C. K. (2019). Pattern Recognition: A Mechanism-based Approach to Injury Detection after Motor Vehicle Collisions. *RadioGraphics*, 39(3), 857–876. doi:10.1148/rg.2019180063
88. Yoganandan N, Pintar FA, Stemper BD, Gennarelli TA, Weigelt JA. Biomechanics of side impact: injury criteria, aging occupants, and airbag technology. *J Biomech* 2007;40(2):227–243
89. Siegel JH, Mason-Gonzalez S, Dischinger P, et al. Safety belt restraints and compartment intrusions in frontal and lateral motor vehicle crashes: mechanisms of injuries, complications, and acute care costs. *J Trauma* 1993;34(5):736–758; discussion 758–759.
90. Augenstein J, Perdeck E, Martin P, et al. Injuries to restrained occupants in far-side crashes. *Annu Proc Assoc Adv Automot Med* 2000;44:57–66

91. OLSSON, J.A., SKOTTE, L-G. & SVENSSON, S-E. 1:1989). -Airbags systems for side impact protection. Twelfth International Technical Conference on Experimental Safety Vehicles, Proceedings, Vol2, 976-983.
92. Shaikh J, Lubbe N, Sunnevang C. Crash characteristics and injury risk of adult car occupants in near-side impacts. *Traffic Inj Prev.* 2022;23(5):302-307. doi: 10.1080/15389588.2022.2066657. Epub 2022 May 23. PMID: 35604790.
93. Kaufman, R., Fraade-Blanar, L., Lipira, A., Friedrich, J., & Bulger, E. (2017). Severe soft tissue injuries of the upper extremity in motor vehicle crashes involving partial ejection: the protective role of side curtain airbags. *Accident Analysis & Prevention*, 102, 144–152. doi:10.1016/j.aap.2017.02.027
94. Особенности производства комплексных экспертиз при внутрисалонной автомобильной травме Д.м.н. В.А. Фетисов, д.м.н. А.А. Гусаров, эксп. С.А. Смиренин\ Судебно-медицинская экспертиза, 4, 2016\ doi: 10.17116/sudmed201659415-20
95. Ссылка: <https://youtu.be/9OeA14Wzq7E>
96. Jessica Jermakian, Marcy Edwards, Seth Fein & Matthew R. Maltese (2019) Factors contributing to serious and fatal injuries in belted rear seat occupants in frontal crashes, *Traffic Injury Prevention*, 20:sup1, S84-S91, DOI: 10.1080/15389588.2019.1601182
97. Караваев А.С., Копысов С.П., МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ УДАРНОГО ВОЗДЕЙСТВИЯ НА ГОЛОВУ ПРИ ЧЕРЕПНО-МОЗГОВЫХ ТРАВМАХ. *Российский журнал биомеханики*. 2018. Т. 22, № 2: 178–195
98. Female vs. Male Relative Risk of Body System Injuries in Fatal and Non-Fatal Crashes/Mitchell Abrams, Cameron R. Bass//IRCOBI conference 2022. IRC-22-12
99. 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
100. Сабилов, Д. М., Росстальная, А. Л., Махмудов, М.А. Математическое моделирование ударного воздействия на голову при черепно-мозговых травмах. Эпидемиологические особенности черепно-мозгового травматизма // *Вестник экстренной медицины*. 2019. Т. 12. №2
101. Нестеров, А. В., Шаповалова, Е. С. Анализ смертности водителей и пассажиров при внутрисалонной травме в результате дорожно-транспортных происшествий в г. Хабаровске за 2016–2017 годы // *Избранные вопросы судебно-медицинской экспертизы*. Хабаровск, 2018. №17. С. 165-168
102. Chawla, A. & Grover, V. & Mukherjee, Sudipto & Hassan, A.. (2013). Car Accident Reconstruction and Head Injury Correlation. *Journal of The Institution of Engineers (India): Series C*. 94. 10.1007/s40032-012-0048-7
103. The Effect of Delta-V on Traumatic Brain Injury sustained by Vehicle Occupants in Great Britain/ Claire E. Baker, Phil S. Martin, Mark Wilson, Mazdak Ghajari, David J. Sharp// IRCOBI conference 2020 IRC-20-16.
104. Umale, S., Hauschild, H., Humm, J., Driesslein, K., & Yoganandan, N. (2019). Effectiveness of center-mounted airbag in far-side impacts based on THOR sled tests. *Traffic Injury Prevention*, 20(7), 726–731. doi:10.1080/15389588.2019.1650266
105. «Computational Prediction of Contusion and White Matter Injury in an Animal Model of Traumatic Brain Injury» Mazdak Ghajari, Cornelius K. Donat, Maria Y. Lopez, Nicoleta Baxan, Magdalena Sastre, David J. Sharp IRCOBI Asia 2020 IRC-A-20-42
106. «The Decrease in Traumatic Brain Injury Epidemics Deriving from Road Traffic Collision Following Strengthened Legislative Measures in France»/10.1007/s12239-017-0083-8 Thomas Lieutaud ,Blandine Gadegbeku, Amina Ndiaye, Mireille Chiron, Vivian Viallon

Published: November 28, 2016 <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0167082>

107. Concepcion J, Alfaro S, Yeager M, Newsome K, Selvakumar S, Andrade R, Kornblith L, Bilski T, Ibrahim J, Elkbuli A. Analysis of Biomechanics of Motor Vehicle Collisions for Passenger Cars: Implications for Passenger Vehicle Safety and Future Car Design Innovations. *J Surg Res.* 2022 Sep 30;S0022-4804(22)00549-2. doi: 10.1016/j.jss.2022.08.042. Epub ahead of print. PMID: 36192207
108. BRAIN LESIONS IN MOTOR VEHICLE CRASHES: DIFFERENCES BETWEEN SIDE AND FRONTAL IMPACTS Christian Compagnone, Fernanda Tagliaferri, Narayan Yoganandan, Thomas A. Gennarelli/ IRCOBI Conference – Bern (Switzerland) – September 2008
109. MacLennan, P. A., Ashwander, W. S., Griffin, R., McGwin, G., & Rue, L. W. (2008). Injury risks between first- and second-generation airbags in frontal motor vehicle collisions. *Accident Analysis & Prevention*, 40(4), 1371–1374. doi:10.1016/j.aap.2008.02.008
110. THE EVOLUTION OF THE THREE POINT SEAT BELT FROM YESTERDAY TO TOMORROW Yngve Håland Autoliv Research/ IRCOBI Conference - Madrid (Spain) - September 2006
111. McKay, M. P., Poland, K., Karol, D., Marshall, R., & Kaminski, R. (2019). Impaired driving: A case report. Pickup truck centerline crossover collision with medium-size bus on U.S. Highway 83, Concan, Texas, United States. *Traffic Injury Prevention*, 1–3. doi:10.1080/15389588.2019.1661668 10.1080/15389588.2019.1661668 downloaded on 2019-11-06
112. Рабинович, Б. А. О неправомерности использования критерия НІС (HEAD INJURY CRITERIA) для оценки травмобезопасности головы человека при ударе / Б. А. Рабинович, Н. А. Кулаков // Журнал автомобильных инженеров. – 2015. – № 5(94). – С. 10-15. – EDN VIMOIV.
113. Рабинович, Б. А. Безопасность автомобиля, анализ концепции / Б. А. Рабинович // Журнал автомобильных инженеров. – 2009. – № 1(54). – С. 18-23. – EDN KGDHML.
114. Патент RU 170563 U1 2016.11.17 Юскаев Ю.Ю УГЛУТУ
115. https://www.zf.com/mobile/en/stories_18304.html
116. <https://www.joysonsafety.com/en/technology/airbag-systems/airbag-innovations/belt-attached/>
117. <https://youtu.be/u4tOb4lzVy8?si=vTbRDRSNFnn4MR8Y>