

О защите пассажира в автомобильных ДТП.

Авторы: Лариса Трофимовна Раевская, канд. физ.-мат. наук, доцент Уральского Государственного Горного Университета, Екатеринбург, Юрий Юрьевич Юскаев, студент университета «Синергия» Санкт-Петербург.

Мотивация: «Спасай взятых на смерть и неужели откажешься от обреченных на убиение....»[1]

Аннотация: Современные автомобили имеют множество различных систем и устройств. В данной статье речь пойдет о вопросах касающихся автомобильной безопасности. В частности о новой разработанной авторами в нескольких вариантах переносной подушке безопасности автомобиля а также о некоторых недостатках существующих ПБ.

Abstract: Modern cars have many different systems and devices. This article will discuss issues related to automobile safety. In particular, about the new portable car airbag developed by the authors, as well as about some of the shortcomings of existing airbags.

Ключевые слова : Автомобильные столкновения . Подушки безопасности. Травмы в ДТП. Пассажиры автомобиля.

Keywords : Car collisions. Airbags. Injuries in road accidents. Car passengers.

Введение.

Согласно статистике абсолютное большинство погибших в автомобильных ДТП являются пассажирами в количестве от 43-до70% [27.С.6],[29],[53],[61],[64],[65].

При том что подавляющее большинство виноватых в ДТП являются водителями, от 80-94% [2.С.13], [3],[4],[5],[48] а в столкновениях грузовиков и автомобилей пассажиры достигают 97% среди погибших [67].

Но также отмечается, что пассажиры тоже являются в некотором роде «виновниками» ДТП отвлекая водителя вопросами или репликами в процессе разговора «Разговор с пассажирами является одним из наиболее часто упоминаемых отвлекающих факторов который может привести к смертельному ДТП»(перевод авт.)»[31].

Точных данных показывающих влияние пассажиров на возникновение ДТП не найдено ввиду сложности или невозможности подтвердить именно тот факт что пассажир отвлек водителя. И если нет видеозаписи с видео регистратора снимающего салон автомобиля изнутри то как доказать что именно разговор с пассажир отвлек водителя от управления автомобилем?

Но очень близкими предположительно, являются данные по использованию мобильного телефона за рулем. Ведь и там и там речь идет об отвлечении внимания «Специально при использовании телефона при участии есть доказательства того, что это увеличивает риск (прим.авт. возникновения ДТП) в 2,2–12,2 раза»[32]

Но в защиту водителей стоит сказать, что абсолютное большинство водителей даже оказавшись в опасной ситуации непосредственно предшествующей столкновению все таки успевают принять меры к снижению последствий ДТП к примеру, применить экстренное торможение или отвернуть в сторону применив маневр.

«Во Франции в 2010 году страховые компании насчитали около 2 миллионов аварий с повреждением имущества, а официальная статистика правительства утверждает, что произошло 67 300 аварий с травмами, что составляет 3,4% всех аварий. 6% аварий с травмами заканчиваются смертельным исходом, т.е. 0,2% всех аварий (ONISR, 2011)»[23].

Согласно данным из США из более чем 13500000 ДТП ежегодно происходящих в США согласно базе данных FARS погибает примерно 36096 человек что составляет 3.7% [45]. Безусловно каждая гибель человека трагедия и необходимо стремиться к тому чтобы достичь нулевого показателя смертности.

В Российской Федерации согласно данным сайта [46] из 159635 случаев ДТП погибло 14172 человека то есть 11%.

В исследовании проведенном в Нидерландах указывается риск гибели пассажиров легковых автомобилей в соотношении «1.6 случаев гибели пассажиров на миллиард пассажирокилометров» [33]. Но тем не менее та же статистика показывает что практически каждый водитель а следовательно и пассажир фактически неизбежно «обречен» попасть рано или поздно в автомобильное ДТП [2.С.14].

В Германии за 2022 год произошло 2406465 ДТП в которых погибло 2788 человек то есть 8.6% [47]

В Катаре общая смертность составила 8,3%[62]

Очевидно что никто из водителей не преследует цели «уничтожать» пассажиров но к большому сожалению так получается что по прежнему мы снова и снова видим благодаря интернету через СМИ а также от своих родственников и знакомых оповещения о гибели и травмах происходящих на дорогах наших городов и вне их. Данная ситуация не является приемлимой и необходимо приложить все усилия чтобы повлиять на нее и сделать то что в наших силах.

Для изобретателей сложные задачи всегда являются интересными и чем сложнее тем больше хочется за эту задачу взяться и решить ее, прекрасно осознавая что над этой задачей почти наверняка «ломают голову» на всех континентах и во всех странах наши коллеги которые как правило друг с другом не знакомы и таким образом возникает некий элемент необъявленной международной соревновательности.

Кто предложит «urbi at orbi – граду и миру» лучшее из решений. А дальше уже данное готовое решение либо применяется и приносит пользу либо откладывается в дальний ящик стола в высоком начальственном кабинете покрываясь толстым слоем пыли.

Предлагаемое решение.

В чем состоит главная задача ПБ ? На наш взгляд ответ на этот вопрос выразил наиболее лаконично выдающийся эксперт по автомобильной безопасности Леонард Эванс «Подушки безопасности устанавливаются с одной целью — снижение травматизма. (Термин «травма» включает в себя смертельную травму, за исключением случаев, когда контекст подразумевает иное)»[2]

Суть решения предлагаемого авторами очень простая . Необходимо взять и соединить в одну П-образную конструкцию три подушки безопасности: лобовую(фронтальную), центральную и боковую. Для защиты пассажира от лобового , заднего и бокового удара и особенно от ударов пассажиров и водителя головой друг от друга [50]. Для упрощения понимания конечного результата, необходимо акцентировать работу на «верхней» части тела человека(голова, органы грудной клетки) как наиболее уязвимые вне зависимости от вида ДТП и пристегивания РБ[66].

Преподавателем УГЛТУ канд. физ. -мат. наук. Раевской Л.Т и студентом УГЛТУ Юскаевым Ю.Ю во время работы в Лесотехническом университете в г. Екатеринбурге в 2017 г. была начата совместная работа по разработке различных ПБ.

В частности, одной из рабочих задач была поставлена цель разработать переносную, компактную, всенаправленную, складную и простую ПБ. И в 2019 г. Получилось найти решение которое впоследствии получило патент на полезную модель RU198272.[6]

Данная разработка получила рабочее название «Переносная подушка безопасности для пассажира автомобиля»(ППБА). На приложенных ссылках можно ознакомиться с видео инструкцией как её необходимо использовать.

Применяется ППБА следующим образом:перед началом поездки, пассажир садится на заднее сиденье автомобиля и обязательно пристегивается после чего самостоятельно или с помощью водителя устанавливает на себя ППБА и начинает поездку после окончания поездки снимает ППБА с себя и отстегивает РБ(ремень безопасности) и благополучно выходит из автомобиля.

Официально признанная история ПБ начинается с двоих изобретателей, Джона У. Хетрика из США и Вальтера Линдерера из Германии, которые в 1951 и 1953 гг. [17],[18], [19],[20] независимо друг от друга пришли к по сути одному решению .

Первый макет (из пенопласта) (фото1) был в 2019 году в студенческом общежитии УГЛТУ по адресу: Екатеринбург, ул.Сибирский тракт, д.6а к.103.



Фото 1.

Тогда как первый полноразмерный надувной макет ППБА (фото 2 вид изнутри) был изготовлен по заказу авторов на основании макета (фото 1) в кратчайшие сроки и очень качественно на предприятии «АКВАМАРАН»[8] в том же 2019 году в городе Екатеринбург.



Фото 2.

Затем произведена установка в проектное положение в автомобиль для понимания соразмерности и удобства использования (фото 3 вид сбоку в автомобиле)



Фото 3.

Стоит особо в первую очередь отметить, что установка ППБА совершенно не мешает обязательному использованию РБ. Из преимуществ первого варианта ППБА отмечаем практически полное перекрытие головы и туловища а также бедра и коленей сидящего пассажира. Из недостатков отмечен сильный дискомфорт а также значительное снижение обзора вокруг для пассажира. И полное ограничение обзора назад для водителя автомобиля

Учтя недостатки связанные с комфортом и обзором работа была продолжена и в результате авторы пришли к 2 варианту ППБА (фото 4 вид сверху)



Фото 4.

Был значительно снижен размер и по своей сути получилась та же самая П-образная конструкция только для защиты головы (фото 4 вид сбоку в автомобиле). Данный вариант получился значительно удобнее, увеличился обзор, но в данном варианте полностью отсутствует защита туловища, а также верхних и нижних конечностей при ударе сбоку что вообще снизило эффективность ППБА по критерию безопасности пассажира автомобиля.



Фото 5.

В процессе дальнейшей работы, был выявлен самый главный недостаток первого варианта а именно комфорт использования в режиме посадки-высадка [9]. Со вторым вариантом данная проблема посадки-высадки не так актуальна [10] и здесь скорее встает вопроса закрепления на пассажире ППБА.

Работа продолжилась и в сентябре 2023 года получилось прийти к компромиссному варианту в котором удалось соблюсти баланс между комфортом использования и защитой головы и туловища при лобовом, боковом и заднем ударе.

Сначала был предложен вариант условно называемый 4 , суть которого заключается в том что мы берем одну большую ППБА и делим ее на две П-образные части , одна для защиты головы а другая чуть больше для защиты туловища (фото чертежа 6)

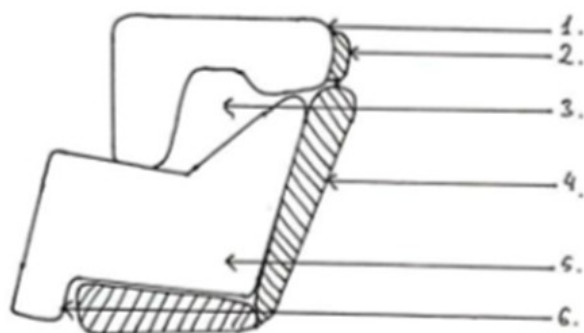


Фото 6. (чертеж вид сбоку)

На рисунке схематично изображены следующие позиции:.

1. П-образная подушка безопасности для защиты головы пассажира (вид сбоку)
2. Подголовник
3. Отверстие для вентиляции, обзора и освещения
4. Спинка автомобильного сиденья
5. П-образная подушка безопасности для защиты туловища пассажира (вид сбоку)
6. Выступ для защиты ног пассаж

Схематично 4 вариант в виде макета изготовленного из пенополистирола толщиной 20мм показан на (фото 7 вид сбоку под углом)



Фото 7.

Но при том что 4 вариант казалось бы более предпочтителен, вопрос комфорта так и не был решен. Ведь важно учесть тот факт что в автомобиле как правило места и так немного а пассажиры как правило друг от друга сильно отличаются не только по росту но и по объему занимаемого на заднем сидении пространства плюс могут держать на руках сумки итд. И необходимо также учитывать очевидное требование доступа к ручке двери для ее самостоятельного открывания.

Но дальше сработал эффект «эмерджентности», в процессе «примеривания» на себя ППБА было совершенно неожиданно открыто удивительная находка. Когда уже в автомобиле в процессе установки головная ППБА упала с плеч (фото 8 вид сбоку) то оказалось что нижняя боковая часть головной ППБА вполне себе замечательно может обеспечивать защиту туловища пассажира при ударе сбоку.



Фото 8.

Данное решение стало куда более приближенным к комфорту использования и к требованию защиты головы и туловища при наиболее опасных ударах е которые происходят при ударе сбоку и опрокидывании. Но под угрозой травмирования остаются нижние и верхние конечности. Также можно обратить внимание на то что данный вариант также как и самый первый нисколько не мешает применять РБ для пассажира.

Инtruзия (вторжение)

Инtruзия при боковом ударе автомобиля в ДТП является одной из важных проблем автомобильной безопасности, рассмотрим влияние «инtruзии» на примере травмы бедра и таза «Было обнаружено, что проникновение на глубину от 3 до 7 см увеличивает вероятность перелома таза на 80%, при этом инtruзия 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. [53]. Соответственно полученные данные достаточно легко проецируется на травмы головы и травмы груди. К примеру мы знаем что разрушающая нагрузка для бедренной кости равна $3903 \pm 77,5 \text{ Н}$ [43]. Сравним ее с силой удара по голове «Сила удара, необходимая для возникновения переломов костей основания черепа, установлена рядом авторов. Так, единичные трещины в передней черепной ямке при ударах лобно-теменной областью головы о широкий тупой предмет возникают при силе удара 3922 Н. Появление единичных трещин в задней черепной ямке при тех же условиях травмы отмечается при силе удара 4217 Н»[43].

Что касается грудной клетки то известны следующие данные «Вопрос о силе удара, приводящего к повреждению крупных органов грудной и брюшной полостей, требует дальнейшего изучения. Однако, учитывая закрытость этих органов, их топографию и особенности повреждений (от кровоизлияний до разрывов размозжений), следует по-видимому, оценивать силу ударов, необходимую для их повреждений, в зависимости от обширности этих повреждений, по меньшей мере как значительную или большую. (прим.авт. то есть от 160-4900Н. Очевидно, что при очень больших грубых повреждениях речь может идти только об очень большой силе удара», что касается ребер и грудины приводятся следующие данные «- при ударе ниже мечевидного отростка до 3471,6 Н образуются симметричные переломы 8-10, 11-12 ребер;

- при ударе областью мечевидного отростка с силой 3471,6-4050,2 Н образуются двухсторонние переломы 6-9 ребер;

- при ударе областью тела грудины с силой 5786,1-7012,0 Н образуются переломы 3-7 ребер и переломы грудины на уровне 2-4 ребер;

- при ударе рукоятки грудины с силой 5688,0-6943,3 Н образуются переломы 2-5 ребер, перелом грудины на уровне 2-3 ребер, т.е. в месте перехода рукоятки в тело грудины»[43]

Как защититься от инtruзии?

Таким образом исходя из вышеизложенных данных отмечаем что боковая сторона ППБА в некотором роде «отодвигает» пассажира от двери автомобиля на толщину боковой секции обращенной к двери автомобиля. И чем больше толщина боковой секции тем лучше для пассажира.

Направления дальнейшей работы можно разделить на несколько отдельных сфер или разделов , они следующие:

- Увеличение обзора и снижение «ощущения замкнутого пространства» за счет окон которые необходимо расположить таким образом чтобы ни в коем случае ни «обнажить» для бокового удара голову и грудную клетку .
- Разработать в рамках ППБА технические решения для предотвращения «хлыстовой» травмы
- Проработать вопрос защиты пассажира при опрокидывании
- Проработать вопрос вариативности для пассажиров разного роста и объема
- Разработать детский вариант ППБА
- Доработать вариант ППБА для переднего пассажира

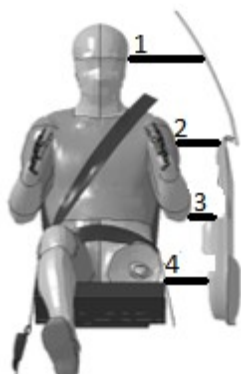
Также по мнению авторов данное решение можно распространить и для передних пассажиров но конечно с учетом необходимости обеспечения сохранения достаточного обзора для водителя.

То есть для переднего пассажира ППБА будет значительно отличаться от ППБА для заднего пассажира. На фото 9 (вид сбоку) можно ознакомиться с расположением ППБА на переднем пассажире.



Фото 9.

Салон автомобиля, является ограниченным пространством и нам предстоит с учетом этого факта разместить ППБА таким образом чтобы дискомфорт для пассажира был насколько возможно минимальным но при этом не допустить снижения «защищенности». Некоторым образом пройти между «Сциллой и Харибдой»[60] то есть «защитой и комфортом»



Из исследования, [59] мы знаем что есть определенные данные расстояния от различных органов тела человека до «ударяющей» поверхности деталей интерьера автомобиля (фото 10)[59] . Они следующие:

1. От головы 25.5см(расчет авторов)
2. От плеча 21.5см (расчет авторов)
3. От локтя 21.5см [59]
4. От бедра 17см [59]

Фото 10.

Полученные данные, безусловно будут чрезвычайно полезны при оптимальных размерах ППБА в процессе НИОКР.

Что касается исследований эффективности ПБ то на сегодняшний день им уже более 63 лет [11] и конечно же их за данный период времени накопилось более чем достаточно чтобы не заикливаться на том что уже сделано, к примеру «оптимальное внутреннее давление» и «оптимальная энергопоглощающая ткань» для оболочки ПБ.

А сосредоточиться на том чтобы как можно больше провести «краш-тестов» ППБА для определения как кинематики пассажиров внутри ППБА в момент удара так и эффективности по критерию защиты пассажиров.

Происхождение ППБА.

Из уровня техники известны различные переносные ПБ для пешеходов [36], для мотоциклистов [37]. И предлагаемая авторами ППБА для пассажира автомобиля не является принципиально новым решением а скорее логичным, дальнейшим развитием идей и концепции ПБ.

В процессе работы над задачей защитить пассажира в ДТП, первое на что мы обратили свое внимание это статистика ДТП. В работах посвященных анализу автомобильных ДТП было показано что наиболее частыми были фронтальные (лобовые) ДТП, затем боковые, задние удары и опрокидывания. Самыми «смертоносными» являются опрокидывания затем боковые, лобовые и удары сзади [27.С.19],[28.С.144],[54.С.24],[55],[56],[57],[58].

Внимательно изучив материалы патента Уильяма Хэтрика было обнаружено своеобразное послание будущим исследователям, в котором он предположил или скорее заложил альтернативное направление дальнейшего развития автомобильных ПБ «...важной задачей является создание устройства указанного типа, которое может быть установлено на транспортном средстве в качестве отдельного аксессуара или приспособления, без модификации или перепроектирования каких-либо конструктивных частей упомянутого транспортного средства...»[7].

Предлагаемое для защиты пассажиров автомобиля устройство как раз по своей сути полностью соответствует вышеуказанному виденью развития ПБ заложенному Уильямом Хэтриком. Так как не требует проводить в автомобиле различных действий ведущих к изменению конструкции автомобиля.

В истории внедрения ПБ также упоминается обсуждение одной очень интересной идеи «Контурные подушки безопасности, которые обертывались вокруг пассажиров были, по мнению Томса, хорошим потенциальным решением.»[26] которая почему-то вероятно не нашла поддержки хотя указывалось потенциальная их эффективность при боковом ударе и

опрокидывании и эта перспективная идея как оказалось в дальнейшем весьма работоспособна.

Что касается современных исследований, то предлагаемая ППБА абсолютно соответствует концепций развития и дальнейшего усовершенствования ПБ [33].

Конструктивно близким к ППБА является интересное и прогрессивное решение отображенное в патенте на головную ПБ (фото 11) предложенная Илюхиным А.А [13] в котором показана встроенная в подголовник головная ПБ, которая имеет защиту от боковых ударов и от удара об крышу при опрокидывании.



Фото 11.

Но вместе с тем ключевым отличием, является стационарность данного решения то есть необходимо «устанавливать» данную подушку в подголовник следовательно необходимо оснащать и датчиком удара и пиротехническим газогенератором и источником питания и системой управления.

В предлагаемой авторами ППБА всего вышеуказанного нет ввиду полного отсутствия необходимости «скоростного» открытия от датчика удара. Предлагаемая ППБА работает по принципу «предзащиты» то есть ППБ готова к работе изначально, вне зависимости будет ДТП или нет.

ППБА укладывается полностью в понимание реализации интеллектуально удерживающей системы «Интеллектуальные удерживающие системы являются компонентами системы, которые могут адаптировать свою форму, производительность или поведение к различным типам ударного воздействия.....Будущее имеет много перспектив для интеллектуальных систем, которые могут определять переменные показатели такие как телосложение пассажира и его позиционирование, что обеспечивает более индивидуальную защиту от столкновения.»[27]. Техническими решениями позволяющими адаптировать ППБА под данные пассажира заложены непосредственно в конструкцию ППБА и над ними непосредственно в настоящее время идет работа и как только они будут доведены до эффективного результата тогда и будут представлены.

В отличие от традиционных ПБ которые являются пассивными удерживающими системами «системы «пассивны» в том смысле, что они не требуют предварительных усилий со стороны пассажира транспортного средства»[26] предлагаемая ППБА является «активной» системой которая требует выполнения определенных действий от пассажира. То есть пассажиру предлагается взять «буквально» защиту себя в свои руки.

Критика ППБА

Что касается минусов предлагаемого решения, то их выявлено три:

1.Первый недостаток — это необходимость применения фиксирующих ремней или растяжек, не позволяющих ППБА сползти с тела пассажира при ДТП. Проблема заключается в том, что в панике или будучи заблокированным человек может запутаться или зацепиться обо что-нибудь и не сможет своевременно покинуть автомобиль.

2.Второй выявленный недостаток является очень спорным. Суть вопроса в том, что крайний правый пассажир на заднем сиденье с предлагаемой ППБА ограничивает обзор водителю справа назад через боковые и задние окна справа. Но для этого у водителя для обзора справа назад, во-первых, есть боковые зеркала заднего вида. Во-вторых, у водителей грузовых автомобилей, автобусов, микроавтобусов и другого большегрузного транспорта нет задних окон для обзора. И боковых зеркал заднего вида им абсолютно достаточно для управления транспортом значительно превышающим габариты легковых автомобилей. В третьих, боковые и задние стойки автомобиля итак ограничивают обзор для водителя создавая «мертвые зоны» во время движения. Но почему то никто не требует их убрать??? В четвертых: при отрицательных температурах происходит обмерзание боковых стекол автомобиля так как они не обогреваются как к примеру лобовое. Тем самым также снижая обзор для водителя то же самое происходит и с тонированием стекол различными пленками .

Но самым главным критикуемым недостатком по мнению специалистов и потребителей является размер ППБА. И как показано в данной статье данный вопрос вполне решаем.

3. «Эффект Пельцмана» суть данного эффекта состоит в том что, любое повышение безопасности автомобиля , дает водителю ложное чувство повышенной безопасности что в свою очередь «провоцирует» или «подталкивает» водителя на повышенный риск. [68]

Срок службы ПБ.

Качественной характеристикой ПБ является их надежность. То есть своевременное срабатывание при определенных обстоятельствах. То есть на «на скорости (удара прим.автора) от 8 до 14 миль в час (12.8км/ч-22 км/ч прим.автора) или более»[17].

То есть надежность «"Надежность — это способность устройства выполнять заданную функцию при заданных условиях и в течение заданного времени. Вероятностная мера надежности представляет собой вероятность того, что компонент, продукт или система будут выполнять определенную функцию при определенных условиях и в течение определенного времени.»[14]

Но как и любая система, ПБ подвергаются износу датчиков удара, подвергается воздействию высоких и низких температур, высокой влажности, вибрации и т.д которые влияют на возникновение различных внутренних поломок. Есть прямые и косвенные данные указывающие на необходимость замены системы ПБ после истечения их срока службы.

Прямые:

1. «Средний срок службы системы составляет примерно 8410 часов. Средний срок службы является ориентиром для замены оборудования и оценки показателей безопасности системы.» [14].
2. Срок работы системы ПБ без проведения работ по ее поверке и обслуживанию составляет примерно 10 лет [15]
3. Но согласно другому исследованию срок службы ПБ еще меньше «после 10 000 ч надежность системы очень низкая и вообще не может удовлетворить потребности в безопасной эксплуатации системы. При наработке ресурса в 40 000 часов системы подушек безопасности надежность системы близка к 0, и в это время систему необходимо отремонтировать или заменить» [14]
4. Есть данные о том что примерно 15% ПБ не срабатывает вообще при фронтальных ДТП с водительской стороны [2]
5. В исследовании проведенном в 2008 году выявлены случаи «аномальной» работы ПБ «исследование выявило случаи срабатывания подушек безопасности при скорости Delta-V всего лишь 3–4 мили в час, (4.8км/ч-6.4км/ч прим.авт.) и нераскрытия подушек безопасности при скорости Delta-V более 26 миль в час (41км/ч прим.авт) и возможное запоздалое или слишком медленное раскрытие подушек безопасности.»[24],[63]. Возможно какое то отношение к вышеупомянутым поломкам имеет коррозия датчиков удара системы ПБ упомянутые в работе [26. С.99]
6. «К потенциальным причинам несрабатывания ПБ относятся: выход из строя механизмов подушек безопасности, неправильные оценки V, неверные общая область повреждения или другие ошибки кодирования» [30]
7. Срок службы ткани тоже не безграничен «Срок хранения при самостоятельном хранении 10 лет и более без существенного ухудшения качества.»[15]

Косвенные:

1. «Увеличение возраста автомобиля примерно на 10 лет увеличило вероятность тяжелых травм в 4 раза»[16]
2. «Недавно проводилось исследование то го, как связан возраст автомобиля и вероятность серьезной аварии. В результате при шли к выводу, что те, кто ездит в машине, выпущенной до 1984 г., в три раза больше подвергаются риску попасть в аварию с ре зультатирующими травмами, чем те, кто ездит в новых автомобилях стр.99-100»[28]

ПБ являются одноразовыми устройствами и срабатывают как правило все вне зависимости от направления удара и наличия пассажиров на сиденьях только если не будут заранее отключены принудительно [24] или если датчики не показывают наличие пассажира и подлежат обязательной замене после срабатывания.

Сложно определенно точно ответить на вопрос сколько стоит заменить систему после ДТП. Есть устаревшие данные за 2003 год. В которых указана стоимость замены фронтальных (лобовых) ПБ в периоде от 1200-6000 \$[2]. В более современном исследовании 2020 года стоимость ПБ для автомобиля рассчитывается в сумме от 1720 \$ [49.C.8] до 3126\$ [49.C.17].

Предполагаемая эффективность.

Что означает термин «Эффективность ПБ»? То что человек остался жив. Или то что он получил более легкие травмы благодаря ПБ чем если бы ее не было, а может хорошим результатом является тяжелые травмы нижних конечностей и отсутствие травм головы? Или и то и другое и третье?

Эти и другие вопросы неизменно всплывают в контексте термина «эффективности ПБ». Проведенное исследование эффективности ПБ за период с 1960-2023гг[11] публикации в котором отображены данные по эффективности ПБ не дают одного определенного ответа на этот вопрос.

Полученные данные можно условно разделить на две большие группы: касающиеся травм и гибели в ДТП. А далее идет разделение на подгруппы: снижение риска травм, риска гибели, снижение тяжести травм, снижение статистики гибели в ДТП, лобовые ПБ и их эффективность, боковые ПБ, эффективность по критериям AIS, MAIS, NIC, эффективность ПБ общая, эффективность ПБ с РБ и без РБ, снижение травм головы и грудной клетки, эффективность ПБ для водителей и пассажиров и т.д.

Отдельно необходимо отметить эффективность ПБ по шкале комы Глазго [25], сутью которой является показатель нарушения сознания, при этом отмечается корреляция между шкалой комы Глазго и летальностью в автомобильном ДТП.

Согласно проведенному анализу и исследованию, 100% «внедрение» ПБ в автомобили произошло сравнительно недавно в США в 2010г. а в Европе в 2015г.[12].

Приведем несколько прямых цитат посвященных вопросу эффективности ПБ:

1. ПБ оказали значительное итоговое историческое воздействие на смертность и травматизацию пассажиров чему есть косвенное подтверждение «Данные показывают, что смертность и травматизация пассажиров автомобилей за последнее десятилетие снизились больше, чем смертность и заболеваемость среди пассажиров других видов дорожного движения...»[23] 2008год.
2. «Независимо от использования ремней безопасности наиболее часто травмируемыми участками тела являются голова, верхние и нижние конечности и грудная клетка. Однако по крайней мере от двух третей до 92% пострадавших не получают травм ни в одной из этих частей тела. Частота тяжелых травм низкая, часто менее 10% и затрагивают в основном голову и грудную клетку. Наконец, частота и тяжесть травм у пристегнутых пассажиров в новых автомобилях снижается по сравнению с более старыми автомобилями, независимо от частей тела. В этих новых автомобилях частота тяжелых травм снизилась почти на 50 %.[23]2008 год.
3. «Исследование характеристик и распределения, связанных с повреждениями органов грудной клетки, показало, что сердце и крупные сосуды являются единственными

органами грудной клетки, которые показали значительное снижение частоты повреждений при использовании подушек безопасности»[21] 2008 год.

4. «Подушки безопасности и ремни безопасности, используемые в сочетании, снижали риск потенциально смертельных травм, но увеличивал риск травм нижних конечностей (отношение шансов 1,35). Применение любых видов удерживающих устройств приводило к снижению риска травматизма или летальности» [22] 2008 год

5. «... исследование ясно продемонстрировало превосходство пассивных ограничений - в данном случае подушки безопасности — над ремнями безопасности: Два класса испытаний показали, что системы на воздушной подушке превосходят их по эффективности. к системам плече-поясных ремней. Во-первых, люди-добровольцы выдержали примерно в три раза больше ускорение с системами воздушной подушки по сравнению с высокоразвитой, сложной лентой системы; и, во-вторых, трупы получали ранения «смертельного» уровня, когда их удерживали системы поясно-плечевых ремней, в то время как в аналогичных условиях подопытные люди-добровольцы на воздушной подушке получили незначительные травмы или не получили никаких травм[26] 2005 год.

6. «Подушки безопасности более эффективно предотвращают травмы, если их использовать вместе с ремнем безопасности особенно для защиты головы.»[34] 2002 год.

Современные данные.

Но вышеуказанные данные говорят о довольно «широких» или «размытых» определениях. Тогда как для нас важны максимально конкретные и свежие данные о снижении благодаря ПБ сил воздействующих на человека в ДТП на которые мы можем в дальнейшем опираться в нашей работе в том числе по вопросу расчетной эффективности предлагаемой ППБА.

- В исследовании проведенном в 2019 году [35] приводятся данные что благодаря боковой ПБ для защиты головы во первых: было не допущено касание головой дорожной поверхности при опрокидывании а во вторых: сила удара была снижена с 9834,9 Н до 1073Н в течении 110мс . Что касается характеристик применявшейся ПБ то они следующие: «Максимальный объем модуль САВ(прим.авт.боковой ПБ головы) составлял около 30 л, а максимальное (прим.авт.«пиковое») ...давление составляло около 220 кПа»[35]. Интересным результатом является влияние ПБ на перегрузку головы и верхней части шеи «Максимальное ускорение головы уменьшено со 129,1 g до 24,9 g, а Fz шеи уменьшено на 80,0 %.»[35].
- В другой работе проведенной в 2023 году посвященной переносной ПБ для пешехода интегрированной в верхнюю одежду получены следующие данные также представляющие большую ценность в контексте точных данных по критерию эффективности ПБ: предложенная ПБ для пешехода показала снижение вероятности травмы головы (НІС) «на 45,9%»[36] тогда как ускорение головы снизилось «с 111,2 g до 66,8 g.»[36] «Пиковое внутричерепное давление НВМ без срабатывания носимой системы подушек безопасности составляет 261,5 кПа, и пешеход получит тяжелую травму согласно критериям травмы Уорда. Напротив, пиковое внутричерепное давление у НВМ с подушками безопасности составляет 168,6 кПа, что на 35,5% меньше пикового давления, и пешеход не получит травм или получит легкие травмы. Таким образом, носимая система подушек безопасности может обеспечить значительную защиту головы пешехода.»[36]

- Отдельно отмечается и работа ПБ для защиты грудной клетки хоть и отмечается ее значительно меньшая эффективность что наводит на мысль о том что для ПБ защищающей грудную клетку нужны другие показатели внутреннего давления ПБ предположительно в периоде от 3-9 БАР. «Что касается эффективности защиты грудной клетки носимой системы подушек безопасности, результирующее ускорение грудной клетки в 3 мс считается показателем повреждения грудной клетки. На рисунке 13 показаны результирующие кривые ускорения грудной клетки НВМ в обоих сценариях с раскрытием носимой системы подушек безопасности и без него. Значение результирующего ускорения грудной клетки пешехода за 3 мс составляет 43,6 g для НВМ без срабатывания носимой системы подушек безопасности и 34,8 g для НВМ с раскрытием носимой системы подушек безопасности, падение на 20,2%.»[36]

Мы знаем о том что есть прямая корреляция между различными критериями оценки степени тяжести травм принятыми в различных странах мира. И понимание этих методик дает нам некоторый инструментарий позволяющий нам работать более эффективно. На таблицах 11 и 12[38] можно ознакомиться с тем как коррелируют между собой различные данные относящиеся к оценкам травм.

Соотношение шкалы AIS с ускорением и критерием НИС

Шкала AIS	Максимальное ускорение	НИС	Оценка степени травмы
0	50g	134	Нет травмы
1	50–100g	135–519	Легкая – головная боль или головокружение
2	100–150g	520–899	Средняя – потеря сознания менее часа
3	150–200g	900–1254	Серьезная – потеря сознания 1–6 часов
4	200–250g	1255–1574	Тяжелая – потеря сознания в течение 6–24 часов
5	250–300g	1575–1859	Критическая – потеря сознания в течение более 25 часов, большая гематома
–	–	1860	Летальный исход

Таблица 11

Таблица 3

Зависимость ускорения и внутричерепного давления от приложенной контактной силы

Шкала AIS	Скорость удара, м/с	Контактная сила, Н	Максимальное ускорение	Внутричерепное давление, КПа	НИС
0	2,5	1438	45g	21	25
1	5	3181	99g	48	161
2	6,7	4442	139g	67	347
3	8,3	5606	175g	87	548
4	9,98	6882	215g	107	965
5	12,5	8906	278g	138	1746
6	15	10925	339g	170	2793

При значениях силы удара в диапазоне 4000–6000 Н можно говорить о получении травмы средней и серьезной тяжести, а величины выше 7000 Н расцениваются как удары, влекущие тяжелые последствия с длительной потерей сознания, при силе, равной 10 000 Н, с большой долей вероятности наступит смерть потерпевшего.

Согласно данным из работы [39], о возникновении черепно-мозговой травмы в рассматриваемом случае можно говорить при значении внутричерепного давления, равном 67 КПа, что соответствует травме средней тяжести.

Таблица 12

Injury severity	AIS	HIC	CTI
None or minor injury	0–1	<250	<0.80
Moderate injury	2	<750	<1.15
Major injury	3	<1250	<1.39
Acute injury	4	<1750	<2.16
Critical death	5–6	>1750	>2.16

HIC: Head Injury Criterion; CTI: Combined Thoracic Index; AIS: Abbreviated Injury Scale.

Таблица 13

Также можно увидеть на таблице 13 [39] корреляцию AIS (сокращенная шкала травм) [40], критерия HIC (критерий травмы головы)[41], шкалы CTI (вероятность травмы грудной клетки) [42] между собой.

Очень понятным определением корреляции силы удара и степени тяжести травм является работа выдающегося судебно-медицинского специалиста Капустина А. В «Анализ работ судебных медиков, изучавших различные аспекты механизма и условия возникновения повреждений при действии тупым предметом, позволяют выделить четыре степени силы удара тупыми предметами:

- 1) Небольшая сила удара – до 160Н;
- 2) Значительная сила удара – от 160 до 1960 Н;
- 3) Большая сила удара – от 1960 до 4900 Н;
- 4) Очень большая сила удара – более 4900 Н.» [43]

Выводы.

1. ПБ за историю их применения доказали свою растущую эффективность в защите водителей и пассажиров в автомобильных ДТП.
2. У существующих ПБ ограниченный срок службы и есть определенные известные недостатки. Но вместе с тем есть и возможности для усовершенствования и развития.
3. Авторами предлагается новая ППБА для пассажиров автомобиля.
4. В материалах ППБ обязательно применение огнезащитных тканей коих есть немалое количество как средство защиты водителя и пассажира в автомобиле при возникновении пожара который иногда возникает в автомобиле и они не могут покинуть горящий автомобиль так как они в нем заблокированы. [61]
5. Необходимо проработать вопрос оптимальных показателей внутреннего давления для ПБ если давление в ПБ будет слишком большое то ПБ будет «жесткая» и не смягчит удар. Если слишком маленькое то голова «пробьет» ПБ и произойдет удар опасный для головы человека [36],[44].
6. ПБ и РБ(ремни безопасности) не являются единственными и точно далеко не самыми эффективными решениями для повышения автомобильной безопасности к примеру:
«Наиболее важными системами, которых влияют на безопасность, являются:
• Электронный контроль устойчивости (ESC): снижение смертности на 30–62 %.
единичные аварии .

- Антиблокировочная тормозная система (АБС): снижение количества аварий со смертельным исходом на 34–43 %.
 - , меньший эффект среди водителей из-за незнания того, как это использовать систему.
 - Системы предотвращения столкновений (CAS): снижение смертности на 45 %.
 - несчастные случаи ; автономная тормозная система: снижение травм головы для 44% пешеходов.
 - Ремни безопасности в сочетании с подушкой безопасности: снижение смертельных травм на 54 % для водителей, 44% среди пассажиров» [32]
7. Предположительно в будущем ППБА станет единственным техническим устройством с помощью которого пассажир автомобиля сможет самостоятельно защитить себя в случае неизбежности ДТП.
 8. Возможно ППБА и не нуждаются в использовании различных гибких связей с пассажиром, ввиду того что они вопреки казалось бы очевидному факту «спадания» перед ударом просто не успеют упасть с него так как «Почти мгновенный характер контактирования исключает любое изменение положения тела от момента удара ТС о преграду и до получения пострадавшим основной травмы» [51] но неизбежно возникает и другой вопрос как сделать так чтобы ППБА находилась на пассажире в «проектном» положении непосредственно в момент удара?
 9. Использовать ППБА необходимо обязательно с РБ так как пассажир не пристегнутый РБ просто перелетает через ПБ так как ничем не удерживается[52].
 10. Чем быстрее начнется «взаимодействие» человека с ударяющей поверхностью ПББА тем лучше для него [26], преимуществом ППБА является то что она разработана тем учетом чтобы заполнить все возможное пространство «Одним из трех важнейших преимуществ подушек безопасности , является сокращение расстояния до препятствия взаимодействующего с телом человека так как как подушка безопасности заполняет полезный внутренний объем и мешает инерции тела человека»[51].

Глоссарий

ПБ -подушка безопасности

ППБА -переносная подушка безопасности автомобиля

РБ – ремень безопасности

Список литературы:

1. Библия, Притчи Соломона гл.24 ст.11
2. Evans, L. Traffic Safety. Bloomfield, Hills Mi: Science Serving Society, 2004
3. Рабинович, Б. А. Безопасность автомобиля: анализ концепции // Журнал ААИ. 2009. № 2 (55).
4. Schanz, A. and Hamann, R., "Towards "Vision Zero", " SAE Technical Paper 2012-01-0288, 2012, <https://doi.org/10.4271/2012-01-0288>
5. Viano, D. C. (1988). Limits and challenges of crash protection. Accident Analysis & Prevention, 20(6), 421–429. doi:10.1016/0001-4575(88)90040-1.
6. Патент на полезную модель RU198272
7. Patent US2649311A <https://patents.google.com/patent/US2649311A/en>

8. https://aquamaran.ru/information.php?pages_id=10&osCsid=65e8c943da48c4f4aabeec11ec864533
9. <https://youtu.be/xQlzKLJs2r0?si=LCedwRkgobXv2BXA>
10. <https://youtu.be/hDtvhxna-ww?si=ajH8ykacaO3ykWcP>
11. Юскаев Ю. Ю. 2023. Оценка эффективности автомобильных ПБ 1960-2023гг. PREPRINTS.RU. <https://doi.org/10.24108/preprints-3112804>
12. 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
13. Илюхин А.А патент RU 127009U1 от 21.09.2012г
14. Dui, H.; Song, J.; Zhang, Y.-a. Reliability and Service Life Analysis of Airbag Systems. Mathematics 2023, 11, 434 <https://doi.org/10.3390/math11020434>
15. 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
16. Factors related to severe single-vehicle tree crashes: In-depth crash study Kateřina Bucsuházy ,Robert Zůvala,Veronika Valentová, Jiří Ambros Published: January 28, 2022 <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0248171>
17. Kahane, C. J. (2015, January). 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. (Report No. DOT HS 812 069). Washington, DC: National Highway Traffic Safety Administration
18. <https://www.explainthatstuff.com/airbags.html>
19. <https://www.adandp.media/articles/developing-airbags>
20. https://www.consumeraffairs.com/news04/2006/airbags/airbags_invented.html
21. Thor, C. P. (2008). Characteristics of Thoracic Organ Injuries in Frontal Crashes (Doctoral dissertation, Virginia Tech).
22. Cummins, J. S., Koval, K. J., Cantu, R. V., & Spratt, K. F. (2008). Risk of injury associated with the use of seat belts and air bags in motor vehicle crashes. Bulletin of the NYU hospital for joint diseases, 66(4).
23. Page Y, Cuny S, Hermitte T, Labrousse M. A comprehensive overview of the frequency and the severity of injuries sustained by car occupants and subsequent implications in terms of injury prevention. Ann Adv Automot Med. 2012;56:165-74. PMID: 23169126; PMCID: PMC3503418
24. Gabler HC, Hinch J. Evaluation of advanced air bag deployment algorithm performance using event data recorders. Ann Adv Automot Med. 2008 Oct;52:175-84. PMID: 19026234; PMCID: PMC3256779.
25. Mikhail, J. N., & Huelke, D. F. (1997). Air bags: An update. Journal of Emergency Nursing, 23(5), 439–445. doi:10.1016/s0099-1767(97)90138-0
26. 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.
27. DaCoTA (2012) Vehicle Safety, Deliverable 4.8u of the EC FP7 project DaCoTA
28. Всемирный доклад о предупреждении дорожнотранспортного травматизма/Пер. с англ. – М.: Издательство «Весь Мир», 2004. – 280 с

29. Пассивная безопасность автотранспортных средств, Монография ,Рябчинский А.И., 2016
30. 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
31. Khan, I. U., & Vachal, K. (2020). Factors affecting injury severity of single-vehicle rollover crashes in the United States. *Traffic Injury Prevention*, 21(1), 66–71.
doi:10.1080/15389588.2019.1696962
10.1080/15389588.2019.1696962
32. 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>
33. Monitor Verkeersveiligheid 2018 - Achtergrondinformatie en onderzoeksverantwoording Author(s) Weijermars, W.A.M.; Goldenbeld, Ch.; Goede, M. de; Moore, K.; Mons, C; Bijleveld, F.D.; Bos, N.M. Year 2018 <https://www.swov.nl/en/publication/monitor-verkeersveiligheid-2018-achtergrondinformatie-en-onderzoeksverantwoording>
34. KIRK, A.R., FRAMPTON, R.J. and THOMAS, P.D., 2002. An Evaluation of Airbag Benefits/Disbenefits in European Vehicles - A Combined Statistical and Case Study. IN: Proceedings of the 2002 International IRCOBI Conference on the Biomechanics of Impact, Munich, 18-20 September.
35. 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
36. Zhang, X.; Xue, Z.; Tu, W. Design and Performance Research of a Wearable Airbag for the Human Body. *Appl. Sci.* 2023, 13, 3628. <https://doi.org/10.3390/app13063628>
37. <https://aliexpress.ru/popular/airbag-moto.html>
38. 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
39. Qiu, J., Su, S., Duan, A., Feng, C., Xie, J., Li, K., & Yin, Z. (2020). Preliminary injury risk estimation for occupants involved in frontal crashes by combining computer simulations and real crashes. *Science Progress*, 103(2), 003685042090875. doi:10.1177/0036850420908750 .1177/0036850420908750
40. https://en.wikipedia.org/wiki/Abbreviated_Injury_Scale
41. https://en.wikipedia.org/wiki/Head_injury_criterion
42. J. -H. Park, S. Yun, H. -Y. Kim, S. Moon and K. -W. Gwak, "Assessment of chest injury in unconstraint frontal collision between human-mobile robot using CTI and VC index: Preliminary results by MADYMO simulation," 2016 16th International Conference on Control, Automation and Systems (ICCAS), Gyeongju, Korea (South), 2016, pp. 1164-1166, doi: 10.1109/ICCAS.2016.7832459.
43. Об экспертной оценке силы ударов тупыми твердыми предметами / Капустин А.В. // Судебно-медицинская экспертиза. — М., 1999 — №1. — С. 18-20.
44. 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
45. <https://www.curcio-law.com/blog/odds-of-dying-in-a-car-crash/>

[illegible]

62. Underutilization of occupant restraint systems in motor vehicle injury crashes: A quantitative analysis from Qatar. Taylor & Francis. El-Menyar, Ayman; Consunji, Rafael; Asim, Mohammad; Abdelrahman, Husham; Zarour, Ahmad; Parchani, Ashok; et al. 2016 <https://doi.org/10.6084/m9.figshare.c.2088848.v2>
63. Occurrence of Serious Injury in Real-World Side Impacts of Vehicles with Good Side-Impact Protection Ratings. Taylor & Francis. L. Brumbelow, Matthew; C. Mueller, Becky; A. Arbelaez, Raul. <https://doi.org/10.6084/m9.figshare.c.2071895.v1> 2015
64. European Commission, Facts and Figures Car occupants, 2021
65. NCSA, Traffic safety facts 2019, 2021
66. 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
67. Unsafe at Any Speed: The Designed-In Dangers of the American Automobile\ Ralf Nader 1965
68. Peltzman, Sam (1975)"The Effects of Automobile Safety Regulation, " Journal of Political Economy 83, no. 4: 677—726.