**Пассивная безопасность и ее оценка**

Что делать, если автомобиль уже не слушается водителя, и вообще ему (автомобилю) все надоело? Этот вопрос очень сложный, ибо навыками управления в критических ситуациях владеют далеко не все, а возможности систем автоматического управления (АБС, систем стабилизации, если они есть), тоже не беспредельны. Так что не исключен вариант, когда самое неприятное все же произойдет, и тогда от водителя не зависит уже ничего. Теперь за жизнь и здоровье людей будет бороться автомобиль. Итак, нужно научить автомобиль спасать людей. И эта задача – самая трудная.

***Пассивная безопасность*** – это свойство автомобиля уменьшать тяжесть последствий ДТП, если оно все же случилось. Пассивная безопасность проявляется в период, когда водитель, несмотря на принятые меры безопасности, не может изменить характер движения автомобиля и предотвратить ДТП.

Различают **внутреннюю пассивную безопасность,** снижающую травматизм пассажиров, водителя и обеспечивающую сохранность грузов, перевозимых автомобилем, и **внешнюю безопасность,** которая уменьшает возможность нанесения повреждений другим участникам движения. Иногда применяют термин “агрессивность” автомобиля, как понятие, обратное его внешней пассивной безопасности.

Изучение статистических данных по аварийности показывает, что с ростом автомобильного парка и интенсивности движения уменьшается относительное число наездов на пешеходов и возрастает количество столкновений, опрокидываний и наездов автомобилей на неподвижное препятствие. Одновременно возрастает значение внутренней пассивной безопасности.

Для оценки пассивной безопасности автомобиля предложено несколько измерителей. Наиболее простой измеритель – **фактор тяжести** – представляет собой отношение числа погибших *Nс*во время ДТП к числу раненых *Np*: *F*т *= Nc /Np*.

По данным официальных отчетов, фактор тяжести *F*т в различных странах находится в пределах 1:5–1:40. **Иногда тяжесть ДТП определяют по отношению числа тяжело раненых *N*т и погибших *Nc* к общему числу ДТП *N*дтп:**

*F'*т **=** (*N*т + *N*c) / *N*дтп.

По имеющимся данным, при скорости автомобиля менее 14 м/с *F'*т  0,05. При росте скорости *F'*т увеличивается и при 35 м/с достигает 0,4.

Применяются также удельные показатели: число раненых и погибших при ДТП, отнесенные к 1 млн. жителей, 1 млн. км пробега или 1 млн. автомобилей.

**Биомеханика основных видов ДТП**

**В процессе наиболее тяжелых ДТП (столкновения, наезды на неподвижные препятствия, опрокидывания) вначале деформируется кузов автомобиля, происходит первичный удар.** Кинетическая энергия автомобиля при этом тратится на поломку и деформацию деталей. Человек внутри автомобиля продолжает движение по инерции с прежней скоростью. Силы, удерживающие тело человека (мышечные усилия конечностей, трение о поверхность сиденья), невелики по сравнению с инерционными нагрузками и не могут воспрепятствовать перемещению. **Когда человек контактирует с деталями автомобиля – рулевым колесом, панелью приборов, ветровым стеклом и т.п., происходит вторичный удар.** Параметры вторичного удара зависят от скорости и замедления автомобиля, перемещения тела человека, формы и механических свойств деталей, о которые он ударяется. **При высоких скоростях автомобиля возможен также третичный удар, т.е. удар внутренних органов человека (например, мозговой массы, печени, сердца) о твердые части скелета.** В 1994 г. в Имоле разбился великий пилот Формулы 1, Айртон Сенна. Находясь в прочном монококе, он не получил опасных для жизни “внешних” травм, а скончался от многочисленных повреждений внутренних органов и головного мозга, вызванных перегрузкой. Монокок остался практически цел, пилота убило почти мгновенное замедление со скорости 300 км/ч до нуля. При распространенных на наших дорогах скоростях **большую часть травм водители и пассажиры получают во время вторичного удара.**

Наибольшее значение для внутренней пассивной безопасности имеют столкновения транспортных средств и их наезды на неподвижное препятствие, а для внешней – наезды на пешеходов.

По статистике, **самое опасное сиденье в машине – правое переднее,** потому что инстинктивно, в самый последний момент, водитель все же отводит удар от себя, **причем самые серьезные телесные повреждения получает пассажир, не пользовавшийся ремнем безопасности**. **На втором месте - водительское. На третьем - заднее правое. А самое безопасное место - сзади, за водителем.**

На рис. 1 показан механизм образования травм при встречных столкновениях у водителя легкового автомобиля. В начале удара водитель скользит по сиденью вперед, и его колени ударяются о панель приборов (рис. 1, *а* и *б*). Затем сгибаются тазобедренные суставы, и верхняя часть туловища наклоняется вперед до удара о рулевое колесо (*в* и *г*). При больших скоростях автомобиля возможен удар о ветровое стекло (*д* и *е*), а при боковых столкновениях – повреждение головыоб угловую сторону кузова. Передний пассажир, перемещаясь вперед, также ударяется сначала коленями о панель приборов, затем головой о ветровое стекло (рис. 2, *а–г*). В случае движения автомобиля с большой скоростью возможно травмирование подбородка и груди пассажира о верхний край панели приборов (рис. 2, *д* и *е*). При боковых ударах повреждаются плечи, руки и колени. Таким образом, **источниками травм водителя наиболее часто являются рулевая колонка, рулевое колесо, панель приборов. Для передних пассажиров опасность представляют панель приборов и ветровое стекло, а для задних – спинки передних сидений. Кнопки и рычаги управления, пепельницы, детали радиоприемника обычно не наносят серьезных ранений.** Однако при ударе о них головой у водителя и пассажиров может быть повреждено лицо. **Также источниками повреждений являются детали дверей. Большое число травм получают люди при выбрасывании через двери, открывшиеся вследствие удара.**

Рис. 1. Механизм образования травм у водителя при столкновении автомобилей

Рис. 2. Механизм образования травм у переднего пассажира

**Кроме того, необходимо учитывать, следующие моменты:**

–                    двигатель, который у большинства современных автомобилей находится впереди, в результате удара вполне может оказаться внутри салона и упасть на ноги;

–                    если автомобиль “догоняют” сзади, то резкое запрокидывание головы – верный перелом позвоночника;

–                    отдельные детали интерьера могут при ударе срываться со своих мест и отправляться в путешествие по салону.

**Внутренняя пассивная безопасность**

Когда автомобиль ударяется о препятствие, то человек по инерции продолжает движение внутри остановившегося автомобиля. Но недолго – до ближайшего твердого предмета, которых в салоне вполне достаточно.

Представьте себе автомобиль, врезающийся в бетонную стенку на скорости 72 км/ч (20 м/с). Если считать движение равнозамедленным, то при деформации его моторного отсека sa = 0,8 м среднее замедление составит

*j*ср = *v*2/ (2sa) = 400/ (2\*0,8) = 250 м/с2 = 25,5 *g.*

При этом перегрузка, действующая на пассажиров, составит 25,5g, то есть человека, весящего 75 кг, “приложит” о приборную доску с силой в 1912 кг! Упираться руками и ногами бесполезно. Кстати, аналогичный расчет показывает, почему прочные джипы более опасны для пассажиров. В подобных условиях мощная рамная конструкция сомнется всего на 0,3–0,4 м. Соответственно, перегрузки и силы, действующие на пассажиров, вырастут в два раза со всеми вытекающими последствиями.

**По действующим Правилам ЕЭК ООН № 32, 33, 94, 95** жизнь водителя и пассажиров должна быть сохранена при наезде автомобиля на неподвижное препятствие со скоростью 14 м/с; во время столкновения автомобилей при скорости 19,4 м/с; в случае удара сзади по автомобилю предметом массой до 1250 кг со скоростью 22,2 м/с; при боковом ударе (под углом 90°) со скоростью 9 м/с; во время двух- или трехкратного переворачивания автомобиля с начальной скоростью 14 м/с.

***Кузов***

Слишком жесткая и прочная конструкция не поглощает энергию удара, а передает ее почти полностью тем, кто находится внутри. Т.о., даже надежно зафиксировав чем-то водителя и пассажиров, мы еще не решаем всех проблем. Человеческий организм в состоянии выдержать не всякую перегрузку (без вреда можно перенести до 50g). То есть в любом случае нужно как-то смягчить удар, сделать остановку возможно менее резкой. Но, с другой стороны, вряд ли можно остаться живым и здоровым, если автомобиль искорежен до такой степени, что рычаг переключения передач “прошил” потолочный фонарь. А, значит, та часть кузова, где находятся люди, в случае аварии должна деформироваться как можно меньше.

Первые прототипы оптимального кузова появились уже в 40-х годах, а 30 октября 1952 г. концерн Daimler-Benz получил патент на разработанную Бела Барени (Bela Barenyi) концепцию пассивной безопасности легкового автомобиля, ставшую основой для всего, что и поныне делается в этой области во всем мире. В соответствии с этой концепцией задачу по поглощению кинетической энергии автомобиля выполняет... сам кузов, точнее – его часть.

**Принцип прост. В передней и задней частях кузова организуются деформируемые зоны – силовая структура умышленно ослабляется в продольном направлении (рис. 3).** Ослабляют лонжероны и поперечины, уменьшая их сечение или толщину стенок, предусматривая отверстия в слабонагруженных местах. Соответственно, при столкновении эти части подвергаются значительному разрушению, но при этом поглощается немалая часть энергии движения – замедление автомобиля становится уже не столь интенсивным, удар “смягчается”. Автомобильный кузов гибнет, спасая людей.

Особенно впечатляющих результатов удалось достичь в последние годы – стремительный прогресс вычислительной техники, и совершенствование современных методов расчета позволяют конструкторам все точнее просчитывать развитие деформации при ударе, а, значит, и точнее “программировать” кузов, снижая или увеличивая жесткость тех или иных элементов.

Рис. 3. Кузов Subaru Legacy 66L Wagon с замкнутым кольцеобразным укрепляющим контуром

Однако мы не должны забывать и о том, что при аварии в салоне автомобиля должно остаться достаточно свободного места для людей. Именно **поэтому ослабление силовой структуры в деформируемых зонах сочетается с повышением жесткости центральной части, где деформации крайне нежелательны.** Тем самым идея каркаса безопасности работает не только в автоспорте. Обратите внимание, насколько массивнее за последние годы стали передние стойки кузова, причем нередко – в ущерб обзорности! Да и **конструкция многих других элементов силовой структуры в наше время определяется именно таким образом, чтобы обеспечить предельную жесткость и рассеяние энергии удара по возможно большему числу направлений (рис. 3).** Большое внимание уделяется дверным проемам: здесь важно избежать заклинивания дверей. Кстати, и дверные замки сильно изменились за последние двадцать лет вследствие борьбы с самопроизвольным открыванием. **В стандартах и Правилах ЕЭК ООН №11 оговаривается, что конструкция замков должна обеспечивать два положения: полностью закрытое и не полностью закрытое.**

**Детали автомобиля, ограничивающие жизненное пространство, должны быть без острых граней и углов, выступающие части (кнопки, выключатели, ручки) должны быть утоплены и покрыты мягкой обивкой.** Детали, выступающие над панелью более чем на 9,5 мм, должны под действием горизонтального усилия 390 Н, направленного вперед, утапливаться (так, чтобы высота части детали, выступающей над панелью, была не более 9,5 мм), отсоединяться или обламываться.

Ноги тоже надо беречь. На некоторых машинах 60-х годов типичной травмой была разбитая о замок зажигания и ключи коленная чашечка. Сейчас под левое колено водителя ставят что-нибудь более безобидное – например, гладкий и хрупкий блок предохранителей.

Нет предела совершенству. Когда защита от фронтального удара и удара сзади дала заметный результат, в статистике более ярко “засветились” травмы от ударов сбоку. **Последовало соответствующее усиление порогов и центральных стоек, появились мощные поперечины, “распирающие” кузов, а также защитные брусья в дверях (рис. 3) и боковые энергопоглощающие вставки.** В качестве “заполнителя” полостей используют сотовые структуры (раньше – алюминиевые, теперь часто пластмассовые).

***Смещение внутрь салона элементов конструкции***

Не будем забывать, что в передней деформируемой зоне находится рулевой механизм, а у большинства автомобилей – еще и двигатель (вместе с коробкой передач), которые при аварии первыми встретят и упрутся в препятствие. А значит, непременно окажутся внутри “наезжающего” на них салона. И от этой серьезнейшей опасности, увы, не спасет и жесткий каркас. Кстати, именно рулевой вал и “баранка” были основными виновниками тяжелейших травм и гибели водителей в “добезопасные” времена.

**С двигателем и трансмиссией справиться проще – здесь все решает система крепления, обеспечивающая “уход” силового агрегата под днище при фронтальном ударе (рис. 4).** Правда, в нашей стране “противостояние” затянулось: конструкторы не предполагали, что под двигателем может оказаться прочнейшая титановая защита картера, поставленная автовладельцем, которая не позволяет силовому агрегату благополучно “упасть” под днище.

Рис. 4. Безопасное расположение силового агрегата Mercedes-Benz A-класса.

С рулевым механизмом несколько сложнее: рулевая колонка и рулевое колесо, что называется, по определению, занимают место в салоне.

Способов ограничить перемещение рулевой колонки в салон перепробовали много. Начнем с того, что **практически у всех современных легковых автомобилей рулевой механизм располагают как можно дальше от передка, в большинстве случаев – внутри колесной базы, за воображаемой осью передних колес.** Ну а с самой колонкой что только ни делали: **встраивали разрушаемые и деформируемые элементы, телескопические устройства (колонка частично сдвигалась при определенном усилии) и так далее. В конце концов, рулевой вал стал карданным – как правило, теперь он состоит из двух- трех несоосных частей, соединенных карданными шарнирами (рис. 5).** Схема очень надежная в своей простоте, да к тому же обеспечивающая возможность регулировки рулевого колеса “выше-ниже”.

Рис. 5. Безопасные рулевые колонки: *а* – с упругими пластинами; *б* – с перфорированный защитный элементом; *в* – со стальными шариками; *г* – SAAB-9000 с двумя карданными шарнирами и деформируемыми нижней частью и кронштейном

Но и ограничив перемещение руля внутрь салона, трудно гарантировать, что водитель сам не “дотянется” до него лицом или грудью, даже будучи пристегнутым. **Сначала спицы делали из пружинной проволоки, чтобы баранка прогибалась при ударе.** Случалось, людей калечила разорванная “безопасная” проволока. **В 50-х придумали рули тюльпанного типа – с утопленной ступицей и тонким ободом.** Конструкция современного рулевого колеса стала более безопасной, и **его ступица содержит элементы, снижающие ударную нагрузку. Например, гофрированные или перфорированные стаканы, деформирующиеся при ударе.**

***Ремни безопасности***

Наиболее простым и вместе с тем эффективным средством, ограничивающим перемещение людей внутри автомобиля при авариях, являются ремни безопасности. Причем, система пассивной безопасности современного автомобиля строится “от ремня”: функция каждого из остальных элементов и устройств предполагает, что все находящиеся в машине будут надежно пристегнуты.

Первыми ремнями капризные ездоки пользоваться отказывались – видите ли, стесняют – можно подумать, что в “непристегнутом” состоянии кто-то будет бегать по салону! Поэтому реакция на законы, обязывающие пользоваться ремнем безопасности, была разной: дисциплинированные европейцы стали пристегиваться, но как следует ремень не регулировали, наши соотечественники и до сих пор его демонстративно набрасывают – о регулировке речь вообще не идет. Результаты, фактически, одни и те же: либо ремень совсем не выполняет свою функцию, либо становится источником травм. В то же время, многочисленные исследования доказывают, что правильное использование ремней уменьшает число травм на 50–70%.

Казалось бы, самый надежный вариант – “первородный” простой ремень с жестким креплением (без всяких подтягивающих катушек), который до сих пор встречается на недорогих отечественных автомобилях. И это действительно так, но при одном условии: **ремень должен быть правильно отрегулирован**.

Во-первых, чем раньше человек “войдет в контакт” с ремнем, тем меньшая (относительно автомобиля) скорость будет у водителя или пассажира в этот момент (слабее удар о ремень). Во-вторых, ремень должен удерживать “клиента” за тазовые кости, но ни в коем случае не за живот: соскользнув во время удара на брюшину, ремень превращается из средства безопасности в орудие убийства.

Инженеры придумали свыше десятка вариантов пристегивания. **Простейшие поясные (двухточечные) ремни, увы, не препятствовали удару головой и грудью о руль и приборную панель.** “Зато” при резком замедлении, не щадя живота, серьезно травмировали внутренние органы**. В автоспорте применяются ремни ранцево-поясные с тремя – пятью лямками.** **На обычных же дорожных автомобилях их использование не допускается: применяются только трехточечные ремни с диагональной и поясной лямками.** Это связано с тем, что водитель или пассажир должны иметь возможность полностью освободиться от ремня одной рукой (что мы делаем, нажимая красную кнопку). Ведь, в отличие от спортивных соревнований, на дороге куда чаще может сложиться такая ситуация, когда из аварийного автомобиля придется выбираться самостоятельно, и зачастую – не в самом “исправном” состоянии!

**Чтобы не стеснять движения человека в обычных условиях, появились инерционные саморегулирующиеся ремни безопасности:** плавно тянешь – ремень разматывается с катушки, резко – держит. Принцип их работы - при достижении определенного числа оборотов грузики на катушке расходятся и стопорят ее. Такие ремни уважающие себя фирмы давным-давно не применяют, т.к. они срабатывают только при резких ускорениях или замедлениях автомобиля. А они не всегда сопровождают аварию – занос и переворот машины происходят довольно плавно, и тело человека в таких ремнях может перемещаться куда угодно, на всю длину ремня. **Инерционные ремни на сегодня – это те, в конструкции которых имеется нечто вроде отвеса, который при малейшем отклонении от вертикали наглухо запирает катушку.** Ремни такого типа запираются при любом разгоне и торможении, даже тогда, когда вы заезжаете одной стороной автомобиля на бордюр или поднимаете ее домкратом.

Рис. 6. Пиротехнический натяжитель ремня безопасности. При срабатывании пиропатрона (1) ремень (3) подтягивается поршнем (2)

Однако и в этом случае не исключен вариант, когда зазор между телом и ремнем будет слишком большим. И поэтому **в последнее время все чаще на ремнях безопасности стали появляться натяжители, которые срабатывают в том случае, если величина ускорения превышает значение, заложенное в датчик (рис. 6).** Сейчас начинают применяться датчики ускорения пятого поколения, работающие с двухрежимными газогенераторами и пиротехническими патронами для натяжения ремней безопасности. Компьютер учитывает даже вес и рост каждого пассажира! В качестве заряда используется экологически чистая водородно-кислородная смесь (гремучий газ). Только таким дорогостоящим образом удалось полностью “воспроизвести” обычный регулируемый ремень без потери его свойств.

Но даже самый простой ремень не так уж и прост, как кажется. Это – отнюдь не примитивная “плоская веревка”. Ведь грудная клетка способна выдержать не всякую нагрузку, и потому **в “конструкцию” ленты также заложена способность поглощения энергии: при определенной нагрузке ремень удлиняется, причем значительно.** Для обычного ремня относительное удлинение достигает 15%, для ремней с инерционной катушкой – 6-8%. Больше просто нельзя: перемещение груди не должно превышать 300 мм, таза – 200 мм. Дальше начинается опасная зона: водитель может “достать” до рулевого колеса, а пассажир – до передней панели. **Если же по результатам испытаний выясняется, что нагрузка на грудную клетку все еще превышает нормы, ремни оснащают дополнительными энергопоглощающими элементами.** Например, интересна разработка фирм TRW и Simula ремня трубчатой конструкции, надувающегося подобно подушкам.

***Подушки безопасности***

Особую роль в защите людей от травм играют подушки безопасности (англ. airbag). **Ремни не могут совершенно обезопасить водителя.** Статистика говорит сама за себя – 27% всех увечий достаются голове: иногда даже пристегнутый водитель ударяется ею о руль. В наше время передние подушки стали распространенным (а во многих странах – обязательным) элементом пассивной безопасности.

Вообще-то это даже не элемент – целая система, которая работает по определенным законам. Датчики, сигнализирующие о начале удара, измеряютлибо деформацию деталей, либо замедление автомобиля. Для надежности часто устанавливают два датчика: один на передней части автомобиля, другой внутри кузова. Сигнал датчика через 0,005–0,01с поступает в “детонатор”, воспламеняемый электрической искрой. **Спрятанные в рулевом колесе и панели приборов подушки наполняются газом, раскрываются и принимают “в объятия” водителя и его соседа.** Генератором газа служат баллоны со сжатым до 200–250 МПа азотом или аргоном, а также пиропатроны с запасом твердого топлива. **На дорогих автомобилях спасительными мешками защищают и задних пассажиров.**

Надувающаяся в начальной фазе столкновения, подушка, дабы не стать источником травмы, начинает сдуваться уже в момент соприкосновения с телом человека – удар об упругую стенку далеко не безобиден. Поэтому в подушке делаются отверстия, размер и число которых точно рассчитаны. Корпорация Toyota разработала автомобильс **подушками, у которых вектор разворачивания направлен не в сторону пассажира, а параллельно лобовому стеклу.** Тем самым также снижается вероятность травм.

**От последствий наиболее опасного – бокового удара на автомобилях последних выпусков оберегают подушки, спрятанные в торцах спинок сидений, и надувные занавески,** скрывающиеся в стойке лобового стекла и (или) в каркасе над дверью. Они способны предотвращать выпадение пассажиров через окно во время опрокидывания автомобиля и частично защищать от осколков разбитого окна.

Все эти хитроумные средства не были бы столь эффективны без “интеллектуальной” микропроцессорной системы. В настоящее время она способна мгновенно распознавать реальные сценарии столкновения (и реальное положение водителя и пассажиров) и соответственно регулировать процесс раскрытия подушек.

Фирма "Бош" предложила контроллер подушек безопасности со встроенными гироскопическим сенсором крена автомобиля. Блок управления мгновенно распознает и оценивает опасность опрокидывания автомобиля и, не дожидаясь начала толчков и ударов, включает подушки, защищающие головы водителя и пассажиров, а также преднатяжители ремней безопасности.

**Подушки, поначалу казавшиеся панацеей, все же не лишены недостатков.** И дело не только в том, что в момент их срабатывания водитель и пассажир могут оказаться в очках или с горящей сигаретой (курить за рулем вредно втройне!). Надувшаяся в течение сотых долей секунды (т.е. взрывообразно) подушка отнимает значительную долю внутреннего объема салона. И, если это не кабриолет или окна не были открыты настежь, происходит резкий скачок давления, который может привести не только к временной контузии, но и к более серьезным травмам слухового аппарата. Чем больше подушек одновременно сработает, тем больше скачок давления. Даже взрослым достается изрядно, что уж говорить о детях!

Именно поэтому уже практически не применяются полноразмерные (защищающие все тело выше пояса) подушки безопасности. Сейчас передние подушки делаются относительно небольшими и предназначаются для защиты головы (использование ремня безопасности остается обязательным). **Совершенствуется и система управления подушками – в пассажирском сиденье появились (правда, пока лишь на дорогих автомобилях) датчики веса: подушка не раскрывается, если нагрузка на сиденье меньше определенной.** **На некоторых автомобилях в двери монтируют специальные молоточки, похожие на взведенные бойки. За миг до срабатывания подушек они освобождаются и разбивают боковые окна.**

Особый случай, если на переднем сиденье перевозят ребенка в специальном кресле (в Европе – обычное явление), и тут дело уже не в акустике: подушка становится опасной чисто механически. Поэтому у многих автомобилей пассажирская подушка может быть отключена вручную, и если этого не сделать, перевозить ребенка впереди нельзя.

К другим конструкциям, ограничивающим перемещение человека, относятся **сетки безопасности,** размещаемые внутри автомобиля непосредственно за спинками сидений и защищающие водителя и пассажиров при продольных столкновениях. Сетка, изготовленная из эластичного материала типа капрона, имеет крупные ячейки и закреплена в рамке, которая в свою очередь крепится к потолку автомобиля.

***Сиденья и подголовники***

Подушки безопасности, ремни и тому подобные средства, конечно, великое дело. **Однако в ряде случаев единственный спасательный круг – сиденье автомобиля.** Примеры хорошо известны: при ударе сзади остается надеяться только на прочность спинки и подголовника. А если при встречном столкновении детали, крепящие сиденье к днищу кузова, не выдержат нагрузки, и сиденье переместится вперед (или оторвется спинка), то значительно уменьшится объем жизненного пространства и увеличится вероятность удара водителя и пассажира о детали автомобиля, а также затруднится эвакуация людей из автомобиля после ДТП. Безопасность сидений и спинок имеет особое значение для автобусов вследствие большого количества людей, одновременно подвергающихся травмированию.

**Сиденья проверяют на прочность по 17-му правилу ЕЭК ООН.** Сначала к спинке прикладывают момент 373 Н\*м, затем с помощью сферической модели головы усилие, создающее момент 373 Н\*м, передают и на подголовник. При этом перемещение последнего должно быть не более 102 мм. Второй этап – не снимая преднатяга со спинки, увеличивают нагрузку на подголовник. Нормы безопасности будут выполнены, если сиденье выдержит действие силы 890 Н.

В США и Европе, с их многокилометровыми колоннами движущихся с одной скоростью автомобилей, столкновения “паровозиком” – явление распространенное. От резкого толчка голова под действием силы инерции откидывается назад и может произойти повреждение позвоночника. **Для защиты пассажиров в этом случае на спинку сиденья устанавливают подголовники с мягкой обивкой.**

Специалисты считают, что будущее за жестко встроенными, неподвижными подголовниками. Однако регулируемые выдвижные пока еще выпускают массово. Хороший подголовник закрепляют в массивном коробе. Его непросто сместить даже в крайнем верхнем положении.

Подголовник оценивают на жесткость, а если точнее – на травмобезопасность для головы заднего пассажира. Во время испытаний замедление модели головы человека при ударе о спинку переднего сиденья не должно превышать 80*g* в течение 3 мс.

Фирмы, известные своими достижениями в пассивной безопасности, создают целые системы для защиты при ударе сзади, но применяются они в основном в дорогих автомобилях. **Например, “активный” подголовник, предложенный SAAB: при увеличении давления тела на спинку сиденья подголовник выдвигается вверх и навстречу голове. В “системе защиты от плетевого удара” (WHIPS) Volvo вся спинка сиденья движется назад вместе с человеком, чтобы уменьшить нагрузки на позвоночник. А затем еще и отклоняется назад, чтобы предотвратить реактивное отбрасывание головы вперед.**

**Существуют также специальные детские сиденья,** **требования к которым определяет правило №44 ЕЭК ООН.** Из статистических выкладок известно, что даже самые примитивные защитные средства для ребенка снижают риск получения увечий на 25%. А специальные, повернутые против движения сиденья с жестким “панцирем” гарантируют жизнь малышам даже при очень тяжелых авариях.

Комплект для малышей от 8 месяцев до 4 лет (вес 9-18 кг) представляет собой глубокое сиденье, укомплектованное специальной накладкой, которая прижимает ребенка в области живота к спинке. Наружный торец накладки имеет паз под лямку поясного ремня безопасности или под обе лямки диагонально-поясного ремня. Для детей от 4 до 12 лет (вес 15-36 кг) детское защитное устройство выполнено в виде подушки, которая кладется на сиденье. Теперь уже юного пассажира можно пристегивать обычным “взрослым” ремнем. Но ремень этот должен быть обязательно трехточечным, пользоваться одной лишь поясной лямкой нельзя.

***Другие средства внутренней пассивной безопасности***

Помимо всем известных средств защиты, в автомобиле еще очень много элементов, имеющих к пассивной безопасности самое непосредственное отношение.

**Скажем, стекла. Первым распространенным решением стало применение закаленного (подвергнутого специальной термообработке) стекла,** которое значительно прочнее обычного, а если и разбивается, то на мелкие осколки с округлыми краями. Но иногда даже маленький камень способен превратить такое стекло в непрозрачную сетку или сноп осколков.

**Позже появилось более надежное средство – триплекс, стекло трехслойное.** Внутренний и наружные слои триплекса – обычное стекло, а между ними – тончайшая и очень прочная синтетическая пленка, например из поливинилбутирола толщиной 0,4–0,85 мм. При ударе внутренний и наружный слои “расползаются” многочисленными трещинами, но осколков практически нет – они “приклеены” к синтетической пленке, стекло практически не теряет прозрачности. Но ранний триплекс был хрупок и недостаточно упруг, осколки имели острые углы и режущие кромки. При ударе головой водитель мог получить сотрясение мозга, а если пробивал “лобовик” – серьезные, порой смертельные порезы шеи (так называемый гильотинный эффект). **Увеличив толщину соединительной пленки, само стекло сделали тонким, более упругим.** Однако триплекс – довольно дорогое удовольствие и поэтому закаленное стекло до сих пор применяется для боковых и заднего окон.

Фирма “Мерседес-Бенц” испытывала ветровое стекло, которое при аварии должно было покинуть проем. Конструкция получилась неудачной, порой “вылеты” случались даже при резком торможении. Получилось, что проще ограничить свободу перемещения водителя.

Отдельная тема – **защита при опрокидывании.** При наличии жесткой крыши пассажиры просто повиснут вниз головой. А если машина открытая (кабриолет, родстер)? Ведь именно по соображениям безопасности их выпуск одно время практически прекратился. И вновь был возобновлен лишь с появлением соответствующих защитных устройств – **усилителей рамки ветрового окна, дуги безопасности, которая автоматически “выстреливается” позади заднего ряда кресел как только крен автомобиля превысит максимально допустимый. Причем роль задней дуги безопасности может выполнять усиленная крышка багажника или расположенные на ней прочные надувные подушки.**

**У грузовых автомобилей и автопоездов с седельным тягачом большую опасность представляет груз, плохо закрепленный на платформе.** При встречных столкновениях и наездах автомобилей на неподвижное препятствие груз в процессе удара продолжает двигаться вперед по инерции с той же скоростью, с какой двигался автомобиль перед ударом. Затем, ударяясь о передний борт платформы, груз деформирует его, а затем сминает заднюю стенку кабины. **Для увеличения безопасности могут быть использованы амортизирующие устройства (в том числе в виде сеток), устанавливаемые между передним бортом грузовой платформы и грузом.**

**Внешняя пассивная безопасность**

В процессе ДТП должна быть обеспечена сохранность, как самого автомобиля, так и окружающих предметов или других участников ДТП. Например, у некоторых автомобилей определенным образом деформируемая структура передней части и (или) рамы обеспечивают поглощение части энергии движения второго участника столкновения.

***Бамперы***

**При столкновениях и наездах внешнюю пассивную безопасность обеспечивают прежде всего бамперы.** Чтобы бампер поглощал большую часть кинетической энергии, развивающейся при ударе, необходимо, чтобы передние и задние бамперы всех транспортных средств и самоходных механизмов, движущихся по общей дорожной сети, находились на одной высоте от покрытия. В некоторых странах Европы установлена стандартная высота расположения бампера для легковых автомобилей 330+13 мм. В США стандартизован другой размер. Однако в некоторых странах еще не нормируются ни высота бампера, ни расстояние от его нижней кромки до покрытия. На грузовых автомобилях задний бампер и боковая защита от подката появились сравнительно недавно, благодаря Правилам № 58–01, 73 ЕЭК ООН. В результате даже у автомобилей одного класса колебания в расположении бамперов и их размерах могут быть значительными.

В 70-х автостроители увлекались **безопасными бамперами.** В них содержался энергопоглощающий элемент, в котором энергия удара преобразуется в работу деформации или тепловую энергию. Сейчас только в некоторых странах требуется, чтобы бампер выдерживал столкновение с большей скоростью, чем это принято в Правилах № 42 ЕЭК ООН. Канадский стандарт (S-215) требует от бампера способности выдержать удар на скорости 8 км/ч о бетонную преграду, а также удары маятником (равным по весу автомобилю). Кроме этого бампер должен выдержать удар в угол бампера, по линии, повернутой относительно оси машины на 30. При этих ударах бампер должен защитить кузов и светотехнические приборы, не потеряв при этом работоспособности.

**По типу упругого элемента безопасные бамперы могут быть:**

–                    механические (с механическим амортизирующим элементом, работающим на сжатие, растяжение или сдвиг); элементы, работающие на сдвиг, удобны тем, что их жесткость не зависит от направления перемещения бампера при ударе;

–                    гидравлические;

–                    пневматические;

–                    комбинированные.

При использовании бампера с двумя гидропневматическими амортизаторами (для автомобиля массой 2040 кг при *v*0 = 22,4 м/с) удается получить перемещение в процессе удара, равное всего 0,76 м, при этом 0,3 м – ход поршня, а 0,46 м – деформация рамы. Сила, действующая на бампер, составила 80,3 кН, а среднее замедление 33,4*g*, что значительно ниже предельных значений.

Применение бамперов, поглощающих энергию удара, требует изменения конструкции элементов кузова. Для размещения амортизаторов часто необходимо усиливать рамы и нижние части несущих кузовов и изменять их конфигурацию. Вследствие увеличения массы бампера приходится устанавливать более жесткие и прочные рессоры. На некоторых моделях автомобилей изменены колеса, шины, рулевые механизмы, детали подвески.

**Ныне, вместо столь дорогих и тяжелых сооружений, получили распространение двухслойные конструкции, соответствующие Правилу № 42 ЕЭК ООН.** За декоративной накладкой – пористый материал или воздух. Дальше – силовой элемент, обязанный при “парковочных” (до 4 км/ч) скоростях защитить автомобиль для последующего нормального движения. Например, не должны пострадать светотехника, кузов и выпускная система. На рис. 7 показан пневматический бампер, разработанный в Германии. Он состоит из двух рукавов 1, уложенных параллельно в выемки каркаса 5 из алюминиевого сплава. Опорный рукав 4 лежит в выемке кузова и сообщается с внутренней полостью каркаса через клапан 3. Все элементы бампера закрыты защитной оболочкой 2.При наездах и столкновениях усилие через рукава 1 и каркас передается на опорный рукав 4. Давление в рукаве 4 повышается, и воздух через клапан 3 с малым проходным сечением поступает в полость каркаса.

Рис. 7. Безопасный бампер с пневматическим амортизирующим элементом.

***Наружные выступы автомобилей***

Большое количество наездов транспортных средств на пешеходов и большая тяжесть последствий этого вида ДТП привели к изменениям внешнего оформления автомобилей. Были скруглены острые углы облицовки радиатора, устранены выступавшие предметы. Прекращена установка фигурных фирменных эмблем на передней части капота. **Правила №26–01, 61 ЕЭК ООН содержат требования к травмобезопасности выступающих элементов наружной поверхности кабины,** таких как декоративные детали, фары, детали стеклоочистителя и стеклоомывателя, бамперы, лебедки, ручки, кнопки замков и петли дверей, крышек, гайки крепления и декоративные колпаки колес, аэродинамические обтекатели и другие.

***Приспособления для защиты пешеходов***

Во время наезда автобуса или грузового автомобиля пешеход отбрасывается в сторону. При наезде же легкового автомобиля пешеход сначала падает на капот и некоторое время движется вместе с автомобилем, после чего падает на дорогу. Смертельный исход в обоих случаях наступает при скорости автомобиля около 11 м/с.

**Для уменьшения травматизма предложены защитные приспособления, удерживающие пешехода после удара и предохраняющие его от падения на дорогу.** При срабатывании такого приспособления в первой стадии наезда (через 0,2–0,3 с) пешеход забрасываетсяна капот автомобиля. После начала торможения автомобиля пешеход, продолжая двигаться с приобретенной скоростью, сползает вперед по капоту и падает вниз. **Защитная рамка (сетка)** начинает автоматически выдвигаться примерно спустя 0,2 с после удара. Через 1 с выдвижение ее полностью заканчивается, и сетка принимает падающего человека. На рис. 8 показана защитная рамка, устанавливаемая на некоторых английских автомобилях.

**Современные автомобили все чаще оборудуют не отдельными средствами пассивной безопасности, а единой системой.** Время ее функционирования исчисляется десятыми долями секунды, но успевает она многое: отключить зажигание, подтянуть ремни безопасности, “укоротить” рулевую колонку, надуть и затем “сдуть” подушки, разблокировать двери, а кроме того – послать на “полицейской волне” кодированное сообщение с указанием точных координат аварии (для этого машины оборудуются навигационным приемником), включить радиомаяк и, при необходимости, систему пожаротушения, да еще сохранить в памяти бортового компьютера все параметры движения за десяток секунд до аварии. Эффективность таких систем постоянно растет, но лучше все-таки ограничиться заочным с ними знакомством.