

УДК 629.331

## РАЗВИТИЕ ТЕХНОЛОГИЙ ПРЕДОТВРАЩЕНИЯ ТРАВМ ШЕИ ПРИ ДТП

Нестеров Д.М., студент гр. АТс-241, II курс,  
Научный руководитель: Цыганков Д.В., к.н., доцент  
Кузбасский государственный технический университет имени Т.Ф.  
Горбачева, г. Кемерово

### **Аннотация:**

В работе рассмотрена эволюция технологий активной и пассивной безопасности, направленных на предотвращение травм шеи у водителей и пассажиров, как одного из наиболее опасных последствий ДТП. Был проведён анализ конструктивных особенностей и принципов работы защитных систем различных типов, обобщена информация об инженерных решениях, позволяющих синхронизировать движение тела и головы при ударе, и обозначены направления дальнейшего развития систем защиты с учётом изменяющихся поз пассажиров в автомобилях будущего.

**Ключевые слова:** травмы шеи, дорожно-транспортное происшествие (ДТП), безопасность автомобиля, подголовник, краш-тест, сиденья.

Травмы шейного отдела позвоночника занимают особое место в статистике дорожно-транспортных происшествий. Несмотря на то, что они реже угрожают жизни напрямую, их последствия могут преследовать человека годами, приводя к хроническим болям, мигреням и ограничению подвижности. Даже при относительно невысоких скоростях, в момент столкновения голова человека по инерции запрокидывается, а затем резко падает. Это приводит к повреждению связок, мышц и межпозвонковых дисков. Из всех травм, получаемых пострадавшими в результате ДТП, доля повреждений шеи и её органов в сочетании с травмами других анатомических структур в общей сложности может составлять 13,7%. На месте ДТП и в первые сутки после него погибают 90,9% лиц, получивших травмы шеи [1]. В этой статье мы рассмотрим, как эволюционировали методы и системы пассивной и активной безопасности, направленные на защиту шеи водителя и пассажиров.

Почему страдает шея? Голова взрослого человека весит 4–5 кг. При ударе тело водителя или пассажира, резко ускоряется вперед, в то время как голова по инерции остается на месте. Затем голова резко запрокидывается в противоположном направлении. Это S-образное изгибание позвоночника происходит за доли секунды и приводит к растяжению связок и мышц, а иногда и к смещению позвонков. Главная задача инженеров — синхронизировать движение тела и головы, чтобы минимизировать это движение.

Пассивная безопасность: Статичные подголовники.

Долгое время единственным средством защиты был обычный подголовник. Однако его эффективность напрямую зависела от правильной регулировки. Исследования показали, что большинство водителей устанавливают подголовник слишком низко или под большим углом, и подголовник не выполняет функцию ограничителя запрокидывания.

Активные подголовники.

Прорывом стало появление активных механических систем. Принцип их работы прост: в момент удара сзади тело водителя вдавливаются в спинку кресла. Это давление через систему рычагов или давление жидкости в корпусе кресла заставляет подголовник мгновенно двигаться вверх и вперед, навстречу голове.

SAHR (Saab Active Head Restraint): это классическая механическая система. Внутри спинки сиденья расположена пластина, которая при ударе сзади давит на шток, соединенный с подголовником. В результате подголовник движется вверх и вперед, чтобы перехватить голову до её запрокидывания. По данным Saab, внедрение SAHR в 1997 году (на модели 9-5) позволило снизить риск травм шеи на 75% по сравнению с обычными статичными подголовниками. Система Saab была одной из первых серийных активных систем на рынке.

Система защиты от хлыстовых травм (WHIPS) — это система защиты от автомобильных хлыстовых травм, представленная компанией Volvo в 1998 году. Сиденье с системой WHIPS сконструировано таким образом, что вся его спинка помогает защитить шею переднего пассажира в случае удара сзади. При срабатывании системы спинки и подголовники передних сидений опускаются назад, чтобы изменить положение водителя и переднего пассажира. Основная энергия поглощается шарниром в основании сиденья — механизмом, который позволяет сиденью двигаться вокруг тазобедренного сустава пассажира, смещаясь назад и поглощая дополнительную энергию. Металлическая деталь внутри шарнира спинки деформируется, поглощая больше энергии. После использования деталь шарнира необходимо заменить.

Система Mercedes-Benz Neck-Pro, это классический механический активный подголовник. Датчики фиксируют удар сзади, и за доли секунды подушка подголовника выдвигается на 40 мм вперед и на 30 мм вверх. Этого движения достаточно, чтобы "поймать" голову водителя до того, как она опасно запрокинется назад. В отличие от пиротехнических систем, которые требуют замены после срабатывания, Neck-Pro можно просто вернуть в исходное положение руками. Это экономичнее, чем замена всего модуля, хотя механизм все равно должен быть проверен специалистами.

Эргономика сидений.

Помимо подголовников, конструкция самого сиденья играет ключевую роль. Современные сиденья проектируются так, чтобы при ударе сзади деформироваться контролируемым образом. Специальные каркасы поглощают энергию удара, снижая ускорение, передаваемое на позвоночник водителя.

Toyota WIL (Whiplash Injury Lessening): система, представленная в начале 2000-х, использует специальную форму спинки сиденья. Её каркас спроектирован так, чтобы при ударе сзади спинка прогибалась в средней части, позволяя телу погрузиться глубже. Это синхронизирует движение позвоночника и головы, снижая нагрузку на шею. Подголовник при этом расположен максимально близко к голове (иногда используется активный доводчик).

Ремни безопасности и натяжители.

Современные трехточечные ремни с преднатяжителями и ограничителями усилия также вносят вклад в защиту шеи. В момент столкновения преднатяжители выбирают слабинку, фиксируя тело в правильном положении. Ограничители усилия слегка ослабляют ремень при достижении критической нагрузки на грудную клетку, что позволяет замедлить движение корпуса более плавно и уменьшить «кивок» головы во второй фазе столкновения.

Также активно разрабатываются системы гашения инерции за счёт смещения кресла в момент возникновения торможения с помощью пружинных блоков [2].

Новые типы подушек безопасности и инновации в их размещении.

Компания Chery представила кроссовер Fulwin T11, который оснащается подушками безопасности, расположенными между третьим рядом кресел и дверью багажника.

Ещё одна революционная разработка — интегрированный в сиденье "шлем-эйрбэг". Впервые такая система появится на минивэне Luxeed V9 (совместный проект Huawei и Chery), выход которого ожидается в 2026 году

Системы активной безопасности.

В случае неизбежного столкновения система может максимально затормозить автомобиль перед ударом. Это критически важно, так как сила удара пропорциональна квадрату скорости. Даже небольшое снижение скорости перед ударом значительно уменьшает нагрузку на шею. Современные системы активной безопасности работают на упреждение: Радары и камеры сканируют пространство вокруг автомобиля.

Примером такой системы является Volvo City Safety. Она автоматически активирует тормоза, если автомобиль слишком быстро сближается с впереди идущим транспортом, а водитель не реагирует.

Будущее защиты.

Современные разработки направлены на создание адаптивных сидений с электрическими приводами. Системы следующего поколения анализируют вес, рост человека с помощью датчиков в сиденье, положение руля и даже направление взгляда, чтобы в момент перед ударом оптимизировать положение подголовника и натяжение ремня индивидуально для каждого пассажира. В некоторых автомобилях пассажиры могут откидываться, быть повернутыми сиденьями друг к другу или даже спать. Это называется "нетрадиционные позы". Существующие системы ремней и подголовников оптимизированы для стандартного положения сидя, когда пассажир направлен лицом в направлении движения. Разрабатываются конструкции сидений и ремней, чтобы защи-

тить шею человека, который находится, например, в полулежачем положении при лобовом столкновении. Мониторинг позы водителя: В будущем камеры в салоне смогут определять, насколько близко голова водителя находится к подголовнику, и рекомендовать правильную посадку, что критически важно для защиты шеи. Ещё одним из перспективных направлений является защита детей от травм шеи в автокреслах, так как возраст ребенка оказывает влияние на особенности повреждений всех частей тела, а детские кресла имеют несколько иную конструкцию и расположение [3].

Инновации в приспособлениях и системах для краш-тестов.

Говоря о технических решениях, нельзя не упомянуть и инструменты, которые позволили эти решения создать. Обычные краш-тест манекены не могли точно имитировать изгиб позвоночника человека при ударе сзади. Volvo совместно с учеными разработала специальный манекен — BioRID (Biofidelic Rear Impact Dummy). Его позвоночник состоит из множества позвонков, что позволяет ему двигаться так же, как и человек, во время получения травмы.

Гётеборгский технический университет Чалмерса (Chalmers) совместно с Autoliv и Volvo разрабатывает виртуальную модель человека — SAFER HBM (Human Body Model). Проект рассчитан на 2023–2027 годы. Эта компьютерная модель с высокой детализацией шейного отдела позвоночника позволяет прогнозировать риски травм в самых разных сценариях аварий. Модель поможет улучшить защиту от травм, не проводя сотни реальных краш-тестов.

Новые стандарты краш-тестов: Американский Страховой институт дорожной безопасности (IIHS) ввел обновлённый, более жесткий тест сидений на защиту от хлыстовых травм. Из 18 проверенных компактных кроссоверов высшую оценку ("хорошо") получили только Audi Q3, Hyundai Ioniq 5, Subaru Forester и Toyota RAV4. Это показывает, что даже у современных автомобилей есть проблемы с защитой шеи.

Заключение

Эволюция систем предотвращения травм шеи прошла путь от простого куска поролона на верхней части сиденья до сложных интеллектуальных механизмов, взаимодействующих с электроникой автомобиля. Сегодня защита шеи — это не просто подголовник, а сложный ансамбль геометрии сиденья, работы ремней и активной электроники. От грамотной настройки статичного подголовника до работы сложнейших алгоритмов WHIPS и PRE-SAFE — каждый этап эволюции безопасности направлен на то, чтобы сохранить здоровье позвоночника. Понимание важности этого вопроса спасло миллионы людей от травм и инвалидности, и с развитием автономных технологий эта защита станет еще более незаметной, но эффективной. Проблема до сих пор не побеждена полностью, но современные технологии уже позволяют снизить риск тяжелых последствий на 40–50%. В будущем нас ждет интеграция этих систем с данными телематики и «умной» одеждой. И хотя технологии посто-

янно совершенствуются, главным фактором по-прежнему остается осознанность водителя и правильная посадка за рулем.

#### Список литературы

1. Кудрявцев Б.П., Яковенко Л.М., "Хлыстовая травма" при дорожно-транспортном происшествии // Медицина Катастроф. 2014. №4(88). С.25-29.
2. Павлов И.Н., Тушкина Т.М., Павлова Н.В., Ревякин П.С., Пружинный блок как средство пассивной безопасности автомобиля // Южно-Сибирский научный вестник. 2015. № 3 (11). С. 5-9.
3. Савенкова Е.Н., Ефимов А.А., Влияние некоторых факторов на особенности повреждений, возникающих в условиях автомобильной травмы у детей-пассажира // Судебно-медицинская экспертиза. 2019. Т. 62. № 1. С. 4-7.