

Лекция 1

Цели и задачи экспертизы

1 Экспертиза ДТП, основные понятия

Экспертизой ДТП называют комплексное научно-техническое исследование всех аспектов каждого происшествия в отдельности, проведенное лицами, имеющими специальные познания в науке, технике или ремесле. Экспертиза требует использования информации из самых разных областей знания: юриспруденции; криминалистики; медицины; психофизиологии; конструкции, теории и расчета транспортных средств, технологии их изготовления, обслуживания и ремонта; проектирования, строительства и эксплуатации дорог, организации и безопасности дорожного движения и др.

Под транспортными средствами в дальнейшем подразумеваются все типы автомобилей (легковые, грузовые, автобусы, специальные) и автопоездов (буксирные, седельные), мотоциклы и мопеды, трактора (колесные и гусеничные), самоходные машины и механизмы (автокраны, погрузчики, комбайны), а также средства городского электротранспорта (трамваи, троллейбусы).

Дорожно-транспортное происшествие (ДТП) — происшествие, произошедшее во время движения транспортного средства (ТС), вследствие которого погибли (были ранены) люди или причинен материальный ущерб.

Цель экспертизы – борьба с аварийностью на автомобильном транспорте, которая предусматривает улучшение условий движения, совершенствование конструкции ТС и их технического состояния, повышение квалификации и дисциплины водителей, организованности других участников движения.

Задача экспертизы – расследование причин возникновения ДТП и сопутствующих факторов, путем детального исследования дорожной обстановки и ее изменений.

2 Классификация ДТП

Различают следующие виды ДТП.

Столкновение — случай, когда движущиеся ТС столкнулись друг с другом или с движущимся железнодорожным составом.

Опрокидывание — случай, при котором движущееся ТС потеряло устойчивость и опрокинулось. К этому типу ДТП не относится опрокидывание вследствие столкновения механических транспортных средств или наезда на неподвижные объекты.

Наезд на стоящее ТС — случай, когда движущееся ТС наехало на стоящее ТС или прицеп.

Наезд на неподвижное препятствие — случай, при котором ТС наехало или ударились о неподвижный предмет, находящийся в пределах полосы движения.

Наезд на пешехода — случай, когда ТС наехало на человека, или он сам ударился о движущееся ТС. К этому виду относятся также случаи, при которых пешеходы пострадали от груза, перевозимого ТС, или предмета.

Наезд на велосипедиста — случай, при котором ТС наехало на велосипедиста, или он сам попал под движущееся ТС.

Наезд на гужевой транспорт — случай, при котором ТС наехало на упряжных, вьючных или верховых животных, или на телеги, транспортируемые этими животными.

Наезд на животных — случай, при котором ТС наехало на птиц, диких или домашних животных, или сами животные или птицы ударились о движущееся ТС, вследствие чего пострадали люди.

Иные случаи:

- **сход трамвая с рельсов** (столкновение или переворачивание);
- **падение груза**, который перевозится ТС, и которое причинило потерпевшим вред здоровью или повлекло смерть потерпевшего;
- **выпадение пассажиров** из движущегося ТС в результате резкой смены

скорости движения и т. д.

Кроме того, ДТП классифицируются по разным признакам: тяжести последствий, характеру (механизму), месту возникновения и пр.

Не считаются дорожно-транспортными происшествиями:

- 1) происшествия с участием тракторов, других самоходных машин и механизмов в случае выполнения ими основных производственных операций;
- 2) происшествия, которые произошли вследствие преднамеренных действий;
- 3) происшествия, случившиеся вследствие стихийного бедствия;
- 4) происшествия, случившиеся в результате нарушения водителем техники безопасности и правил эксплуатации ТС при отсутствии водителя за рулем;
- 5) происшествия, случившиеся при сцеплении ТС с прицепами;
- 6) пожары на движущихся ТС, возникновение которых связано с их технической неисправностью.

3 Механизм дорожно-транспортного происшествия

Легковой автомобиль на скорости 80 км/ч наезжает на неподвижное массивное препятствие:

0,026 - вдавливается передний бампер; сила, в тридцать раз превышающая силу тяжести автомобиля, останавливает его движение на линии передних сидений, тогда как его пассажиры продолжают двигаться в салоне автомобиля со скоростью 80 км/ч.

0,039 - водитель вместе с сиденьем резко двигается вперед на 15 см.

0,044 - он грудной клеткой ломает руль.

0,050 - скорость падает настолько, что на автомобиль и всех пассажиров начинает действовать сила в 80 раз больше их собственной силы тяжести.

0,068 - водитель с силой в 9 тонн ударяется о щиток приборов.

0,092 - водитель и пассажир, находящиеся на переднем сиденье, одновременно ударяются головами о переднее ветровое стекло автомобиля и

получают смертельное повреждение черепа.

0,110 - автомобиль начинает несколько откатываться назад.

0,113 - пассажир, сидящий на заднем сиденье за водителем, если он не был пристегнут ремнем безопасности, оказывается с ним на одной линии и наносит ему новый удар и одновременно получает сам смертельное поражение.

0,150 - наступает полная тишина; осколки стекла и обломки металла падают на землю.

При анализе механизма ДТП используют такие понятия.

— **безопасная дорожно-транспортная ситуация** — это такие положение и скорость ТС на дороге, при которых не возникает угрозы ни одному из участников дорожного движения;

— **опасная дорожно-транспортная ситуация** — это такие положение и скорость ТС на дороге, при которых в результате направленных действий одного из участников движения возникла реальная угроза ДТП, но при этом существует возможность его предупреждения;

— **аварийная ситуация** — это опасная ситуация, при которой избежать происшествия невозможно;

— **сопутствующие факторы** — обстоятельства, влияющие на развитие дорожно-транспортной ситуации, облегчающие или, наоборот, утяжеляющие последствия ДТП.

По материалам мировой статистики, причинами ДТП являются:

— неправильные действия человека — 60—70 % от всех причин;

— неудовлетворительное состояние дороги и несоответствие дорожных условий характеру движения — 20—30 %;

— техническая неисправность автомобиля — 10—20 %.

Согласно данным ГУГАИ МВД Украины на каждую тысячу населения Украины приходится семь ДТП.

Распределение ДТП по месту их совершения за последние пять лет имеет приблизительно такой вид:

33 % из них совершено в Киеве и областных центрах;

- 23 % — в других городах;
- 20 % — на местных дорогах;
- 15 % — в других населенных пунктах;
- 9 % — на магистральных автодорогах;
- 2 % — на региональных автодорогах.

4 Фазы ДТП

В ДТП можно выделить три фазы: начальную, кульминационную и конечную.

Начальная фаза ДТП характеризуется условиями движения транспортных средств и пешеходов, сложившимися перед возникновением опасной ситуации, которая затем перерастает в аварийную ситуацию.

Кульминационная фаза ДТП характерна событиями, вызывающими наиболее тяжелые последствия (разрушение автомобилей, травмирование пешеходов, пассажиров и водителей). Если в ДТП участвует относительно немного транспортных средств и пешеходов, то кульминационная фаза продолжается обычно несколько секунд. В особенно неблагоприятных случаях, когда в происшествие вовлечены десятки и даже сотни автомобилей (так называемые «цепные ДТП»), продолжительность кульминационной фазы может составлять несколько минут.

Конечная фаза следует за кульминационной. Конец ее часто совпадает с прекращением движения транспортных средств. Однако в случае нарушения требований послеаварийной безопасности (например, при возникновении пожара на опрокинувшемся автомобиле) конечная фаза ДТП продолжается и после остановки транспортных средств.

Чем полнее и достовернее данные, характеризующие все фазы ДТП, тем более объективно и всесторонне могут быть изучены причины и детальнее воспроизведен механизм его протекания.

5 Виды экспертизы

В зависимости от ведомственной принадлежности организации, исследующей ДТП, различают служебное расследование и судебную экспертизу.

Служебное расследование проводят работники организаций, которым принадлежат транспортные средства, причастные к ДТП, или сотрудники дорожных служб, осуществляющие надзор над данным участком дороги. В структурах министерств отсутствует специальная штатная должность ведомственного эксперта.

Цель служебного расследования заключается в установлении обстоятельств, условий и причин возникновения ДТП, выявлении нарушений установленных норм и правил, регламентирующих БДД, а также в разработке мероприятий по устранению причин происшествий.

Судебная экспертиза ДТП — это процессуальное действие, исследующее обстоятельства дела о ДТП в целях выявления фактических данных, которые могут явиться доказательством для установления истины по уголовному и гражданскому делу. Такие фактические данные могут иметь значение для проверки данных, полученных на основе других доказательств.

Судебно-медицинский эксперт: устанавливает причины смерти и характер телесных повреждений участников ДТП, а также наличие и степень их алкогольного опьянения; определяет механизм образования телесных повреждений и их связь с происшествием; выясняет состояние здоровья.

Криминалистический эксперт исследует различного рода следы движения предметов, возникшие в процессе ДТП (трасологическая экспертиза). По следам, оставленным на месте ДТП, осколкам стекол и другим деталям эксперт-криминалист определяет модель и марку транспортного средства, направление его движения и положение на проезжей части в различные моменты времени.

Целью судебной автотехнической экспертизы является установление научно обоснованной характеристики процесса ДТП во всех его фазах, определение объективных причин ДТП и поведения отдельных его участников.

Лекция 2

Цели и задачи экспертизы

1 Исходные материалы к выполнению экспертизы

Для производства судебной автотехнической экспертизы в распоряжение эксперта должны быть предоставлены **материалы**, достаточные для полного и объективного исследования. К этим материалам относятся:

- постановление следователя (определение суда) о назначении экспертизы;
- протокол осмотра места ДТП;
- схема ДТП;
- протокол технического состояния транспортного средства;
- справка по ДТП.

Этот перечень может быть дополнен протоколом следственного эксперимента, другими материалами, а также протоколами допросов свидетелей.

1 Постановление о назначении экспертизы состоит из трех частей: вводной, описательной и резолютивной. В вводной части указывают вид экспертизы, дату и место составления постановления, наименование органа или фамилию и должность лица, назначившего экспертизу, номер дела, фамилию и инициалы подозреваемого.

В описательной части излагают факты ДТП и характеризуют обстоятельства, связанные с объектами экспертизы. Особое значение для автотехнической экспертизы имеют **технические данные**, необходимые для восстановления механизма ДТП. К ним относятся:

- координаты места и время ДТП;
- характеристика проезжей части и ее состояния;
- тип и техническое состояние транспортного средства, его нагрузка;
- скорость движения транспортных средств и пешеходов;
- длина и характер следов торможения или качения колес,
- расположение транспортных средств и других объектов и предметов на

проезжей части;

- характеристики видимости и обзорности с места водителя в момент ДТП.

В постановлении должно быть указано, применял ли водитель экстренное торможение, а если применял, то на какое расстояние переместилось транспортное средство в заторможенном состоянии до места удара и после него. В конце описательной части постановления перечисляют статьи УПК, которыми руководствовался следователь, назначая экспертизу.

В резолютивной части постановления указывают вид назначаемой экспертизы, учреждение или лицо, которому она поручена, перечисляют вопросы, поставленные на разрешение эксперта, описывают направляемые на исследование объекты и материалы.

2 **Протокол осмотра места ДТП** составляется следователем при производстве первоначальных следственных действий по делам о ДТП. Причем, как для следователя, так и для работника ГАИ фиксация и отражение данных в протоколах осмотра является обязательным.

Ход и результаты осмотра места происшествия фиксируются в протоколе, согласно ст. 85 и 195 УПК: 1) полно, точно и объективно отражать все обнаруженное в ходе осмотра с тем, чтобы можно было получить четкое представление об обстановке места происшествия; 2) содержать описание всех следов и предметов, обнаруженных на месте происшествия, и в том виде, в каком они были во время осмотра.

В протоколе осмотра места происшествия различаются **вводная, описательная и заключительная** части.

Вводная часть содержит следующие реквизиты:

- основание производства осмотра;
- место и дату производства осмотра;
- время начала и окончания осмотра;
- должность и фамилию лица, составившего протокол;
- ссылки на статьи УПК;
- фамилию, имя и отчество каждого лица, участвовавшего в осмотре;

- домашние адреса понятых;
- условия осмотра;
- факт разъяснения прав понятым, специалисту и переводчику.

Описательная часть протокола содержит описание всего, что было обнаружено на месте происшествия, в той последовательности, в которой это происходило.

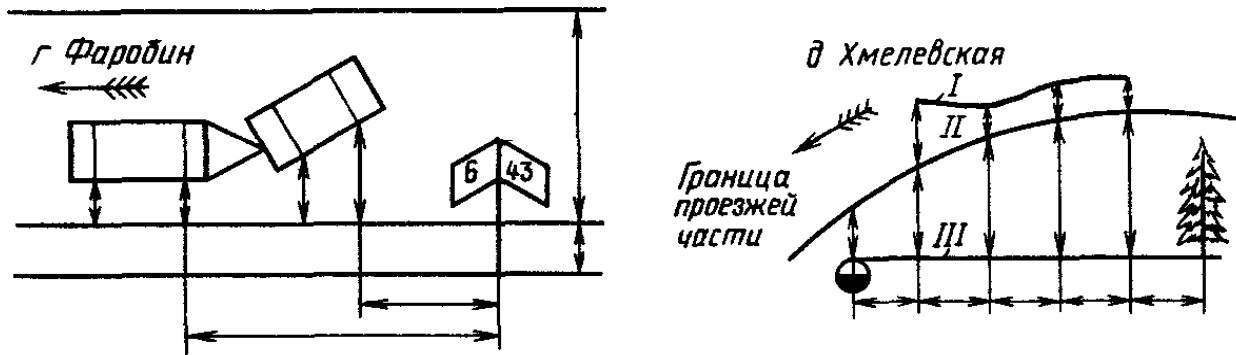
Описательная часть начинается определением координат места происшествия и общей характеристикой обстановки места происшествия. Далее отражается применение технических средств обнаружения и фиксации следов преступления и других объектов, находящихся на месте происшествия, а также результаты применения технических средств. В описательной части протокола могут быть зафиксированы заявления лиц, находящихся на месте происшествия, если это служит объяснением дальнейших действий следователя.

В заключительной части протокола осмотра отображаются следующие реквизиты:

- а) заявления специалиста, связанные с обнаружением, закреплением и изъятием доказательств;
- б) замечания понятых и других участников осмотра;
- в) перечисляются объекты, изъятые в ходе осмотра места происшествия, с указанием номеров пакетов, в которые они упакованы, характера упаковки, вида печати и полный текст оттиска печати;
- г) указываются приложения к протоколу;
- д) отмечается факт производства фото- и видеосъемки.

3 Схема ДТП представляет собой план местности с графическим изображением обстановки происшествия в масштабе, схема фиксирует не только координаты транспортных средств и пешеходов после происшествия, но и их примерное расположение перед происшествием, а также направление движения.

В каждом конкретном случае могут быть выбраны свои ориентиры на месте ДТП и характерные точки на транспортном средстве.



Если кромка проезжей части четко не просматривается, то перед замерами на местности проводят базовую линию. Для этого между двумя заметными неподвижными ориентирами натягивают веревку или полотно рулетки и все расстояния замеряют от нее. Пользуясь базовой линией, можно точно воспроизвести объекты сложной конфигурации.

4 Протокол осмотра и проверки технического состояния ТС фиксирует технические неисправности и повреждения, выявленные при осмотре этих средств. Неисправности могут быть причиной ДТП, а повреждения - его следствием. В протоколе указывают вид повреждений (вмятины, трещины, разрывы), их местонахождение и размеры — длину, ширину, глубину. Проверяют комплектность агрегатов и соответствие деталей марок автомобиля.

Особое внимание уделяют техническому состоянию агрегатов и систем автомобиля, влияющих на безопасность: тормозной системе, рулевому управлению, шинам, подвеске, системам освещения и сигнализации.

Протокол осмотра и проверки технического состояния транспортных средств желательно дополнить их фотографиями с указанием наиболее серьезных повреждений.

В некоторых республиках протокол осмотра места ДТП объединяют со схемой, справкой по ДТП или с протоколом осмотра и проверки технического состояния транспортных средств.

5 Справка по ДТП содержит сведения о времени и месте происшествия, краткое его описание с указанием места жительства пострадавших и адреса лечебного учреждения, в которое они направлены, информацию об автомобилях, участвовавших в ДТП, и их водителях.

Ее заполняет должностное лицо, осматривающее место ДТП. При этом используются данные, добытые в процессе осмотра, предварительного опроса очевидцев, водителей, пассажиров и пострадавших. В справке должны быть отражены лишь объективные обстоятельства наступления описываемого события, которые были установлены в ходе осмотра места ДТП и предварительного опроса его очевидцев и участников.

2 Этапы экспертизы

Производство экспертного исследования ДТП осуществляется на основе определенных методов и приемов исследовательской деятельности эксперта. Экспертные исследования представляют собой сочетание логического анализа и инженерных расчетов. В зависимости от вида ДТП, его сложности и вопросов, поставленных на разрешение, исследования могут иметь различный характер.

В большинстве случаев процесс производства **судебной автотехнической экспертизы** можно разделить, на следующие **этапы**:

- ознакомление с постановлением, изучение материалов дела;
- уяснение задачи предстоящей экспертизы и оценка исходных данных;
- построение информационной модели исследуемого ДТП;
- проведение расчетов, составление графиков и схем;
- оценка проведенных исследований, уточнение модели ДТП;
- формулирование выводов;
- составление и оформление заключения эксперта.

Рассмотрим этапы экспертной деятельности подробно. Получив постановление о назначении экспертизы, эксперт знакомится с его содержанием, изучая фабулу ДТП в том виде, в каком она установлена следователем (судом), и

вопросы, на которые предстоит ответить. Затем эксперт анализирует материалы уголовного дела и систематизирует их в последовательности, удобной для предстоящего исследования. Если изучив представленные материалы, эксперт придет к выводу, что их недостаточно для производства экспертизы или что в них имеются неустранимые противоречия, он должен известить об этом орган, вынесший постановление, и запросить новые материалы.

Изучая материалы, представленные на экспертизу, эксперт-автотехник мысленно воссоздает последовательность событий в ходе ДТП и действий его участников. Иногда таких версий может быть несколько. В этом случае исследованию подлежат все возможные версии.

Исследуя ДТП, эксперт-автотехник прибегает к расчетам для определения параметров движения пешеходов и транспортных средств. Необходимые исходные данные он частично берет из постановления следователя и других материалов, предоставленных в его распоряжение. Эти данные эксперт не вправе изменять, даже если их достоверность вызывает у него сомнения. При наличии противоречий или сомнений в исходных материалах эксперт обязан указать на них в своем заключении.

При построении первоначальной модели ДТП эксперт выясняет время и место происшествия, дорожную обстановку в зоне ДТП, направления движения транспортных средств и пешеходов и их примерное расположение на проезжей части в различные фазы происшествия. Намеченная модель уточняется путем расчетов. Сопоставление результатов расчета с другими обстоятельствами дела подтверждает достоверность исходных данных и позволяет установить новые доказательства.

Разрабатывая информационную модель ДТП, эксперты-автотехники в качестве основы чаще всего используют фабулу происшествия, содержащуюся в описательной части постановления о назначении экспертизы.

Если эксперт приходит к выводу о том, что действительный механизм ДТП отличается от описанного следствием, то он излагает свою версию и дает объяснение возникшим расхождениям.

Лекция 3

Расчеты движения автомобиля:

равномерное движение, торможение двигателем, накат.

1 Расчет движения автомобиля

Расчетом движения автомобиля называют определение основных параметров его движения: скорости, пути, времени и траектории.

Расчеты движения автомобиля являются неотъемлемой частью экспертного исследования ДТП, часто наиболее сложной и ответственной. Основой расчетов движения служат положения теоретической механики и теории автомобиля, экспериментальные и эмпирические данные, а также результаты статистической обработки массовых наблюдений. Далее будут рассмотрены более употребительные методы расчетов движения автомобиля.

В процессе ДТП автомобиль может двигаться равномерно (с постоянной скоростью), замедленно и ускоренно (с разгоном).

Последний режим движения в дальнейшем не рассматривается, так как при происшествиях он наблюдается редко. Кроме того, в эксплуатационных условиях ускорения современных автомобилей невелики, а время разгона ограничено несколькими секундами. Поэтому скорость автомобиля при ДТП обычно увеличивается незначительно и движение с небольшой погрешностью можно считать равномерным. Снизить скорость автомобиля можно различными способами: уменьшив подачу топлива в цилиндры (торможение двигателем); выключив передачу или сцепление (накат); включив тормозную систему (служебное или экстренное торможение).

Если автомобиль в процессе ДТП двигался равномерно и прямолинейно, то объективные данные, характеризующие его скорость, как правило, отсутствуют. Для ее определения приходится прибегать к показаниям свидетелей, потерпевших и обвиняемых, что сопряжено с неизбежными погрешностями.

Во многих странах пытались определить, с какой точностью человек может, не пользуясь приборами, оценить скорость транспортных средств. Хотя выводы различных авторов не всегда совпадают, большинство их сходится в том, что тип и модель наблюдаемого автомобиля и интенсивность движения на данном участке дороги не имеют существенного значения.

Обработка результатов нескольких тысяч наблюдений показала, что большинство наблюдателей занижают в своих записях скорость медленно движущихся автомобилей и, напротив, завышают скорость движущихся быстро. Наибольшее совпадение оцениваемой скорости и действительной наблюдается в диапазоне 12...15 м/с (45...55 км/ч).

В среднем зависимость между действительной **скоростью автомобиля и оцененной по показаниям пешеходов** можно считать линейной, м/с:

$$V_a = 1,25V_{\text{п}} - 3,5$$

Водители, управляя автомобилем, к которому они привыкли, определяют скорость с отклонением около $\pm 1,5$ м/с. Сравнение же показаний водителей—участников ДТП с результатами расчета скорости по тормозному пути и другим объективным данным свидетельствует об общем стремлении водителя указать скорость на 15—30% меньше фактической.

При экспертизе ДТП наиболее точные данные могут быть получены путем следственного эксперимента. При расчете равномерного прямолинейного движения автомобиля используют элементарное соотношение:

$$S_a = v_a t,$$

2 Движение автомобиля накатом

Торможение автомобиля двигателем и движение накатом в ходе ДТП редко встречаются в виде самостоятельных режимов движения. Гораздо чаще они либо предшествуют экстренному торможению, либо следуют за ним.

В первом случае водитель, сознавая возможность возникновения опасной обстановки, отпускает педаль управления дроссельной заслонкой или выключает передачу и применяет торможение, когда опасная обстановка уже возникла. Во втором случае водитель отпускает тормозную педаль, хотя автомобиль еще не остановился после чего автомобиль до остановки движется накатом.

Динамичность автомобиля при этих режимах движения лучше всего исследовать путем следственного эксперимента и в месте ДТП. Результаты такого эксперимента менее точны, чем при применении тормозной системы. Изменение хотя бы одной из них, не учтенное при эксперименте, может привести к существенным изменениям конечных данных. Так, изменение температуры масла в коробке передач изменяет силу сопротивления трансмиссии, а изменение силы и направления ветра приводит к изменению силы сопротивления воздуха.

Для определения наиболее вероятного значения измеряемого параметра нужно стремиться к тому, чтобы состояние всех агрегатов автомобиля соответствовало их состоянию во время ДТП. **Для уменьшения разброса измеряемых параметров нужно повторять эксперимент 6—7 раз и усреднять результаты.**

Для расчета движения автомобиля накатом (с отключенным двигателем) используем уравнение силового баланса

$$P_{\text{и}} = P_{\text{д}} + P_{\text{в}} + P_{\text{хх}},$$

где $P_{\text{е}}$ — приведенная сила инерции автомобиля, Н; $P_{\text{д}}$, $P_{\text{а}}$ — силы сопротивления дороги и воздуха соответственно, Н; $P_{\text{оо}}$ — сила сопротивления трансмиссии при холостом ходе, приведенная к ведущим колесам, Н.

Рассмотрим эти силы. **Сила инерции автомобиля**

$$P_{\text{и}} = G\delta_{\text{вр}}j_{\text{н}}/g,$$

где G — фактический вес автомобиля, Н; $\delta_{\text{ао}}$ — коэффициент учета вращающихся масс; $j_{\text{н}}$ — замедление автомобиля при движении накатом, м/с^2 .

Значение $\delta_{\text{вр}}$ вычисляют по эмпирической формуле:

$$\delta_{вр} = 1 + (0,03 + 0,05u_k^2) G_a/G,$$

где $U_{\hat{e}}$ — передаточное число коробки передач; $G_{\hat{a}}$ — полный вес автомобиля, Н.

Сила сопротивления дороги

$$P_d = G(f \cos \alpha_d + \sin \alpha_d) = G\psi_d,$$

где f — коэффициент сопротивления качению; $\alpha_{\hat{a}}$ — угол продольного наклона дороги; $\psi_{\hat{a}}$ — коэффициент сопротивления дороги.

Сила сопротивления воздуха

$$P_v = W_v v_a^2,$$

где $W_{\hat{a}}$ — фактор обтекаемости автомобиля.

Силу сопротивления трансмиссии при движении накатом

$$P_{xx} = (2 + 0,009v_a) G_a \cdot 10^{-3}.$$

Мгновенное значение замедления при текущем значении скорости

$$j_n = \left(\psi_d + \frac{P_v + P_{xx}}{G\delta_{вр}} \right) = \psi_{d\hat{v}g},$$

где $\psi_{\hat{a}\hat{a}}$ — коэффициент суммарного сопротивления движению.

Расстояние, пройденное автомобилем, при изменении скорости

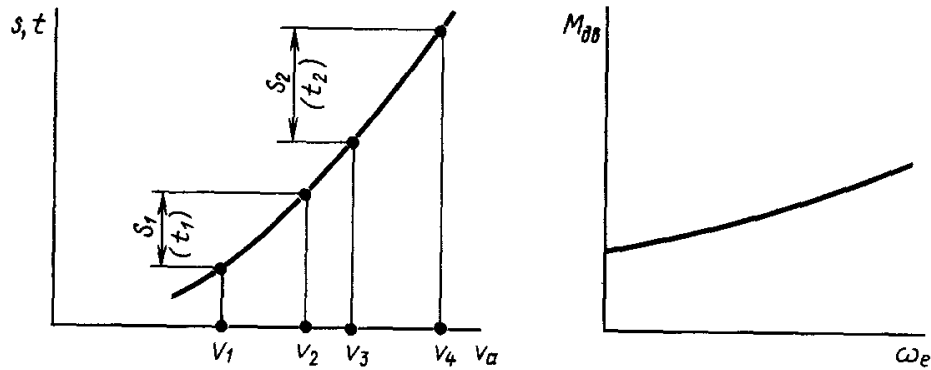
$$\Delta S = v_{cp} \Delta v_a / j_{cp} = (v_a^2 - v_n^2) / (2j_{cp}), \quad j_{cp} = 0,5(j_1 + j_2),$$

Суммируя значения ΔS , строят кривую. Пользуясь ею, можно определить значения пути в любом интервале изменения скорости.

Время движения автомобиля определяют также **графоаналитическим методом**, вычисляя в каждом интервале изменения скорости приращение времени

$$\Delta t = \Delta v_a / j_{cp}.$$

После этого, суммируя отдельные значения Δt , строят кривую времени как функции скорости. По кривой определяют значения времени для известного перепада скорости.



3 Торможение двигателем

Рассчитывая движение автомобиля при торможении его двигателем, используют тормозную характеристику двигателя: зависимость момента сопротивления двигателя (тормозного момента) $\dot{M}_{дв}$ от частоты вращения коленчатого вала $\omega_{\dot{a}}$. Тормозные характеристики, снимаемые предприятиями-изготовителями при стендовых испытаниях двигателя, характеризуют сопротивление двигателя при полностью открытой дроссельной заслонке и выключенном зажигании. При торможении автомобиля двигателем в эксплуатационных условиях зажигание, как правило, не выключено, а дроссельная заслонка прикрыта.

При отсутствии экспериментальной тормозной характеристики можно применить эмпирическую формулу, дающую удовлетворительные результаты в диапазоне частоты вращения коленчатого вала 100...400 рад/с:

$$M_{дв} = (a\omega_e + b)v_{л},$$

где a и b — эмпирические коэффициенты; $V_{\dot{e}}$ — рабочий объем ДВС, л.

- для карбюраторных двигателей $a=0,035...0,045$ $b = 2,0...4,0$;
- для дизелей $a=0,060...0,080$ $b = 2,5...4,5$.

Для перехода от частоты вращения коленчатого вала к скорости автомобиля используют формулу

$$v_a = \omega_e r / u_{тр},$$

где r — радиус ведущих колес; $U_{\delta\delta}$ — передаточное число трансмиссии.

Тормозная сила двигателя, приведенная к окружности ведущих колес автомобиля

$$P_{\text{тд}} = (M_{\text{дв}}u_{\text{тр}} + M_{\text{тр}})/r = M_{\text{дв}}u_{\text{тр}}/r + P_{\text{тр}},$$

где $\dot{I}_{\delta\delta}$, $\dot{D}_{\delta\delta}$ — момент и сила трения трансмиссии, приведенные к ведущим колесам соответственно.

Значения $\dot{I}_{\delta\delta}$, $\dot{D}_{\delta\delta}$ определяют экспериментально. Если опытные данные отсутствуют, то можно вести расчеты:

$$M_{\text{тр}} = (M_{\text{дв}}(1 - \eta_n) + P_{\lambda} r) \eta_n = P_{\text{тр}} r,$$

где η_i — коэффициент влияния нагрузки; $\eta_n = 0,97^k \cdot 0,98^l \cdot 0,99^m$,
 k l m — соответственно числа пар конических шестерен, пар цилиндрических шестерен и карданных шарниров, передающих нагрузку при торможении двигателем.

Зная отдельные силы, можно определить **мгновенное замедление автомобиля $j_{\delta\delta}$** при данном значении скорости:

$$j_{\text{тд}} = \frac{P_{\text{тд}} + P_{\lambda} + P_{\text{в}}}{G \delta_{\text{вп}}} g.$$

Скорость, время и путь автомобиля в этом случае рассчитывают так же, как и для случая движения автомобиля накатом, т. е. определяют вначале мгновенные, а затем средние значения замедлений и находят приращения пути и времени. После этого строят кривые пути и времени от скорости, по которым определяют искомые параметры.

В процессе ДТП торможение двигателем или движение накатом продолжаются, как правило, недолго, и перепад скорости обычно невелик.

$$v_{\text{ср}} = 0,5(v_{\text{а}} + v_{\text{н}}),$$

$$v_{\text{а}} = 2v_{\text{ср}} - v_{\text{н}};$$

$$v_{\text{н}} = 2v_{\text{ср}} - v_{\text{а}}$$

Лекция 4

Торможение автомобиля при постоянном коэффициенте сцепления.

1 Торможение при небольшом сопротивлении дороги.

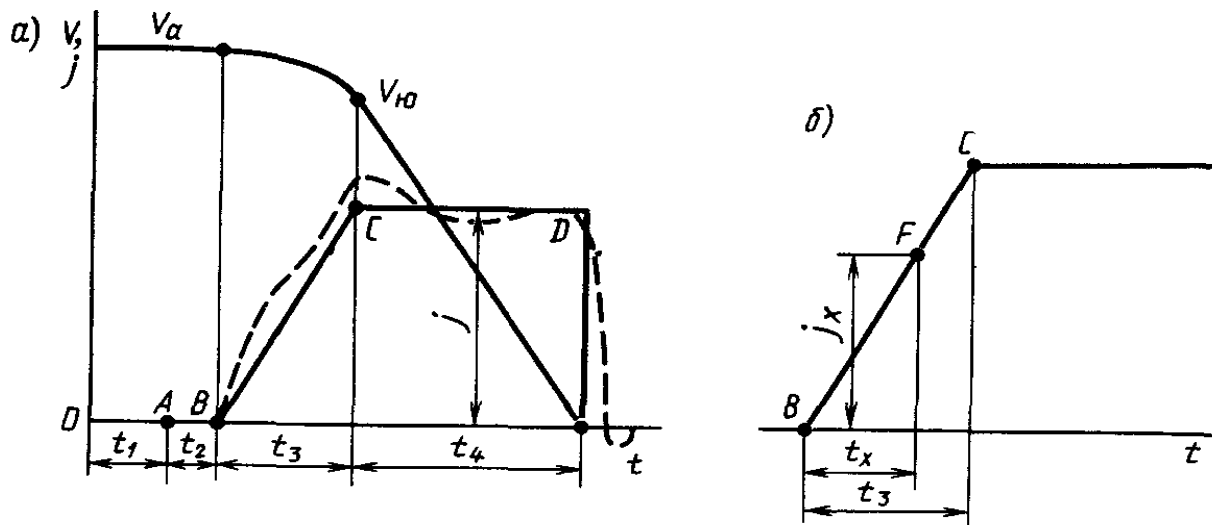
Если водитель в ходе ДТП тормозил до остановки автомобиля, то начальную скорость можно достаточно точно определить по длине следа скольжения (юз) на дорожном покрытии. **След юза остается при полной блокировке колес, которые скользят по дороге, не вращаясь.**

След юза остается на сухом асфальто- или cemento-бетоне в результате экстренного торможения легковых автомобилей, не имеющих противоблокировочных устройств и регуляторов в тормозной системе. У грузовых автомобилей и автобусов колеса обычно блокируются только при невысоком значении коэффициента сцепления шин с дорогой.

Если в результате осмотра места ДТП зафиксированы различные длины тормозных следов правых и левых колес автомобиля, то в расчет вводят большую длину.

Отсутствие следа на дорожном покрытии может быть вызвано случайными причинами, а наибольший тормозной эффект создает колесо, недвигающееся юзом, а катящееся и находящееся на грани скольжения. Кроме того, частицы резины протектора, образующие след юза на покрытии, с течением времени выветриваются или смываются, вследствие чего длина следа уменьшается. **За 1—2 ч след торможения на асфальтобетонном покрытии может стать короче на 20—30 см.** На влажных покрытиях следы юза обычно малозаметны, а на обледенелой и укатанной заснеженной дороге могут быть не видны совсем.

Процесс экстренного торможения автомобиля при малом сопротивлении дороги анализируют по тормозной диаграмме в координатах скорости и времени.



V_a - начальная скорость автомобиля;

V_p - скорость на момент начала юза;

t_1 - время реакции водителя;

Интервал с момента появления сигнала об опасности до начала воздействия на органы управления транспортным средством называют **временем реакции водителя**. Время реакции водителя зависит от его пола, возраста, квалификации, состояния здоровья и других факторов.

В связи с невозможностью точного воспроизведения обстоятельств ДТП и определения времени реакции водителя в опасной ситуации в экспертных расчетах используют среднестатистические значения.

Например, в Великобритании при экспертизе ДТП время реакции водителя считают постоянным и равным 0,68 с. **В нашей стране долгое время также применяли постоянное значение 0,8 с.**

Более правильно применять значения времени реакции, дифференцированные в зависимости от сложности и степени опасности дорожно-транспортной ситуации (ДТС), предшествовавшей происшествию.

Дифференцированные значения времени реакции водителя разработаны ВНИИСЭ. Эти данные являются обобщенными результатами многочисленных исследований, проведенных различными организациями в дорожных и лабораторных условиях.

Все ДТС в первом приближении разбиты на две группы: опасные и свободные. Кроме того, рекомендованы значения t_1 , характерные для любых ДТС.

Значения t_1 , приведенные для **опасных ДТС**, действительны для дневного времени суток, обеспечивающего хорошую видимость препятствия и исправного транспортного средства. Если препятствие было малозаметным, то время реакции следует увеличить на 0,6 с. При неожиданном выходе из строя органа управления транспортным средством время может быть увеличено на 1,2 с.

В свободных ДТС не возникает препятствий для движения, но внезапное изменение дорожной обстановки или технического состояния автомобиля требует от водителя экстренных действий. Затормаживающие импульсы при этом отсутствуют и время реакции водителя транспортного средства обычно не превышает 0,2—0,3 с.

Дифференцированные значения времени применяют в расчетах, связанных как с торможением, так и с маневром транспортного средства.

t_2 - время запаздывания тормозного привода;

Время запаздывания тормозного привода зависит главным образом от типа привода и его технического состояния.

При экспертных расчетах по рекомендациям ВНИИСЭ время запаздывания тормозного привода принимают для транспортных средств разных категорий **равным 0,2...0,4 с.**

На время t_2 не влияют дорожные условия, а также степень загрузки автомобиля.

t_3 - время нарастания замедления;

Время нарастания замедления зависит от типа тормозного привода, состояния дорожного покрытия и массы автомобиля. При пневматическом приводе оно больше, чем при гидравлическом, и возрастает при увеличении коэффициента сцепления и массы автомобиля.

Теоретически установившееся замедление транспортных средств при полном использовании сцепления всеми шинами автомобиля

$$j = \varphi_x g,$$

Коэффициент сцепления замеряют на месте ДТП с помощью «пятого колеса» или переносных приборов.

Полное и одновременное использование сцепления всеми шинами встречается редко, в особенности на сухих и твердых покрытиях, поэтому формула экспериментально обычно не подтверждается. **Фактические значения замедлений, как правило, меньше расчетных.** Чтобы учесть снижение замедления, в формулу иногда вводят поправочный коэффициент - **коэффициент эффективности торможения.**

Наиболее достоверные значения замедления получают при испытаниях автомобиля на месте ДТП с применением регистрирующей аппаратуры.

В нашей стране действует ГОСТ 25478—82, в котором указаны предельные значения замедлений, минимально допустимые для транспортных средств, находящихся в эксплуатации.

Расчетные соотношения:

$$v_{ю} = v_a - 0,5t_3j.$$

$$S_1 + S_2 = (t_1 + t_2)v_a.$$

$$S_4 = v_{ю}^2 / (2j)$$

$$S_4 = v_a^2 / (2j) - 0,5v_a t_3.$$

$$S_3 = v_a t_3 - jt_3^2 / 2$$

Путь автомобиля с момента начала реагирования водителя на опасность до остановки (остановочный путь)

$$S_o = S_1 + S_2 + S_3 + S_4 = (t_1 + t_2 + 0,5t_3)v_a + v_a^2 / (2j).$$

$$t_1 + t_2 + 0,5t_3 = T$$

$$S_o = T v_a + v_a^2 / (2j).$$

Остановочное время автомобиля

$$T_o = t_1 + t_2 + t_3 + t_4 = T + v_a/j$$

Если заторможенный автомобиль не останавливается, то формулы для определения пути и времени его движения приобретают следующий вид:

$$S_a = T v_a + (v_a^2 - v_n^2)/(2j);$$

$$t_a = T + (v_a - v_n)/j.$$

При известной длине следа юза скорость автомобиля в начале полного торможения находим:

$$v_{ю} = \sqrt{2S_{ю}j}.$$

Начальная скорость автомобиля

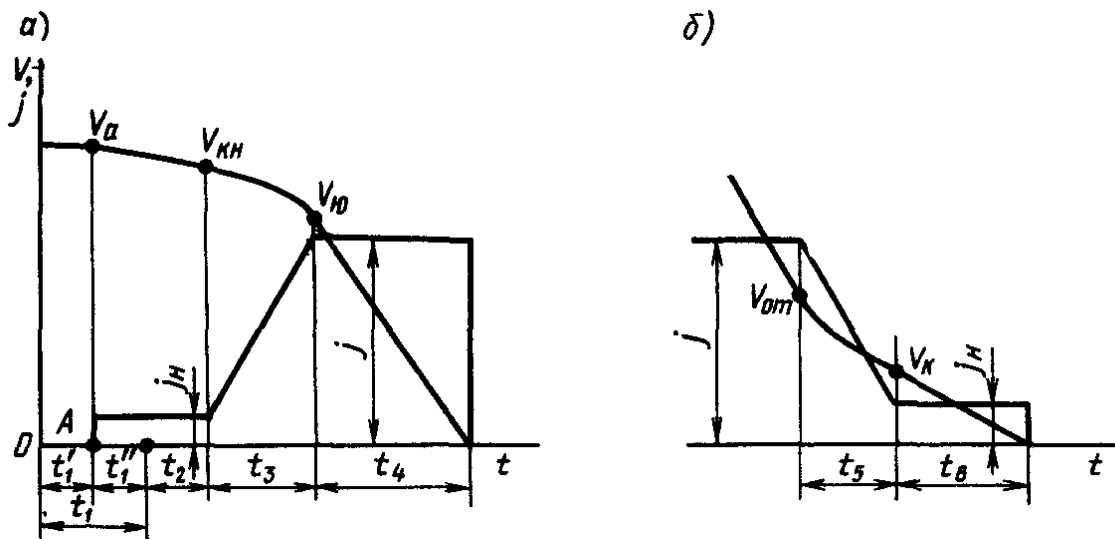
$$v_a = 0,5t_3j + \sqrt{2S_{ю}j}.$$

2 Торможение при повышенном сопротивлении дороги.

Выше рассмотрены частные случаи торможения на горизонтальной, твердой и ровной дороге. **Более общий случай представляет собой торможение при повышенном сопротивлении дороги.**

Время реакции водителя условно разделено на два периода. В течение времени t_1' водитель только оценивает обстановку на дороге и принимает необходимое решение (**латентный период**). За время t_1'' он выключает сцепление (или передачу) и переносит ногу на педаль тормоза (**моторный период**). Для количественного определения продолжительности периодов нужны дополнительные эксперименты. **В настоящее время ориентировочно принимаю по 50 % от t_1 .**

Примем, что в момент выключения сцепления замедление нарастает мгновенно до значения j_n , после чего автомобиль движется с отключенным двигателем. Замедление при этом остается постоянным и равным j_n .



По истечении времени тормозная система включена и замедление автомобиля за время t_3 увеличивается от j_1 до j .

Расчет движения автомобиля, как и прежде, проведем в двух вариантах. Сначала определим остановочный путь автомобиля, считая начальную скорость известной. Затем найдем начальную скорость по известному значению $S_ю$. Рассмотрим только второй случай.

$$V_{\hat{e}} = \sqrt{2 \cdot S_6 \cdot j_1}$$

$$V_{\hat{i}\delta} = V_{\hat{e}} + j_{\hat{n}\delta} \cdot t_5$$

$$V_p = \sqrt{(V_{\hat{i}\delta})^2 + 2 \cdot S_p \cdot j}$$

$$V_{\hat{e}i} = V_p + j_{\hat{n}\delta} \cdot t_3$$

$$V_{\hat{a}} = V_{\hat{e}i} + j_1 \cdot (t_1'' + t_2)$$

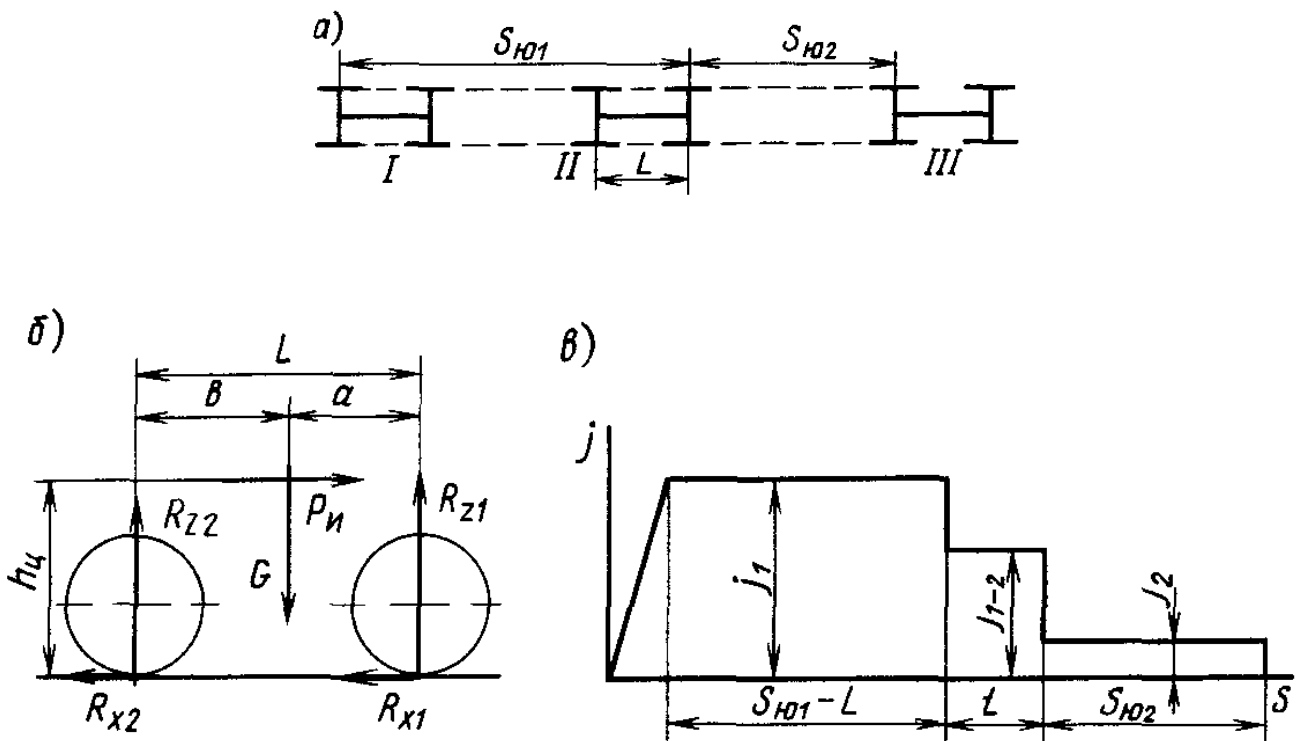
По полученным значениям скоростей определяются значения пройденного пути с использованием общеизвестных соотношений.

Лекция 5

Торможение автомобиля при переменном коэффициенте сцепления. Параметры движения пешехода.

1 Торможение при переменном коэффициенте сцепления.

В практике нередки случаи, когда заторможенный автомобиль последовательно перемещается по двум участкам дороги с различными значениями коэффициента сцепления. Например, торможение, начатое на сухом асфальтобетоне, продолжается на участке, покрытом снегом или коркой льда. Рассмотрим движение автомобиля в указанных условиях.



Пусть в процессе ДТП длина тормозного следа на участке дороги с коэффициентом сцепления составила $S_{ю1}$ и $S_{ю2}$. В экспертной практике начальную скорость автомобиля применительно к этому случаю определяют как

$$v_a = 0,5t_3j_1 + \sqrt{2(S_{ю1}j_1 + S_{ю2}j_2)},$$

где j_1 и j_2 — замедления автомобиля на первом и втором участках.

Как показано ниже, если длины пути имеют тот же порядок, что и база автомобиля, то данная формула может привести к крупной ошибке и пользоваться ею не следует.

Весь процесс движения заторможенного автомобиля состоит из трех фаз.

Первая фаза начинается в момент блокировки колес и заканчивается в момент въезда передних колес на второй участок. В первой фазе автомобиль движется с замедлением j_1 , длина пути равна $S_{ю1}—L$.

Вторая (переходная) фаза начинается в момент въезда передними колесами на второй участок и продолжается до тех пор, пока задние колеса автомобиля не пересекут границу между участками. Замедление во второй фазе j_{1-2} . Перемещение автомобиля в этой фазе, очевидно, равно L .

Третья фаза заканчивается в момент остановки автомобиля в конце второго участка. Замедление автомобиля в третьей фазе j_2 , а перемещение $S_{ю2}$.

Для упрощения примем, что замедление сохраняется постоянным в течение каждой из фаз. Согласно условиям равновесия АТС

$$R_{z1} = (Gb + P_n h_u) / L, \quad R_{z2} = (Ga - P_n h_u) / L$$

$$R_{x1} + R_{x2} = P_n = G j_{1-2} / g,$$

Предполагая полное использование сцепления шинами всех колес автомобиля в переходной фазе:

$$R_{x1} = R_{z1} \varphi_2 \quad R_{x2} = R_{z2} \varphi_1$$

Получаем

$$j_{1-2} = \frac{\varphi_1 a + \varphi_2 b}{L - (\varphi_2 - \varphi_1) h_u} g$$

Замедление j_{1-2} зависит от коэффициентов сцепления на обоих участках

дороги и от параметров автомобиля. **Поэтому замедление во второй фазе торможения различно для автомобилей разных типов.**

Определим теперь основные параметры движения автомобиля

$$\begin{aligned} v_{1-2} &= \sqrt{2(S_{ю2}f_2 + L_{j1-2})} \\ v_{ю} &= \sqrt{2[S_{ю2}f_2 + L_{j1-2} + (S_{ю1} - L)_{j1}]} \\ v_a &= 0,5f_3f + \sqrt{2[S_{ю2}f_2 + L_{j1-2} + (S_{ю1} - L)_{j1}]} \end{aligned}$$

2 Торможение автомобиля без блокировки колес

Приведенные выше формулы для расчета U_a предполагают одновременное и полное использование сил сцепления с дорогой шинами всех колес автомобиля. **При отсутствии регулятора тормозных сил и антиблокировочных устройств суммарная тормозная сила распределяется между мостами автомобиля не пропорционально вертикальным нагрузкам, а в каком-то одном определенном отношении.** Поэтому колеса переднего и заднего мостов блокируются не одновременно. **При хорошем сцеплении шин с дорогой обычно раньше блокируются задние колеса.**

Блокировка задних колес может привести к потере автомобилем поперечной устойчивости, а блокировка передних колес — к нарушению его управляемости.

Коэффициентом распределения тормозной силы называют отношение тормозной силы на переднем мосту автомобиля к суммарной тормозной силе на обоих мостах:

$$\beta_T = P_{\text{тор}1} / (P_{\text{тор}1} + P_{\text{тор}2}),$$

где $P_{\text{тор}1}$ и $P_{\text{тор}2}$ — тормозные силы на колесах переднего и заднего мостов соответственно.

Силы $P_{\text{тор}1}$ и $P_{\text{тор}2}$ зависят от конструкции тормозной системы. Поэтому для каждого автомобиля коэффициент можно вычислить по известным

параметрам тормозной системы.

Если не учитывать потери энергии на преодоление сил сопротивления, то **максимально возможное замедление автомобиля** при торможении для случая торможения на грани блокировки задних колес (**на пределе устойчивости**)

$$j = \frac{a\varphi_x g}{L(1 - \beta_T) + h_u \varphi_x}$$

Для случая торможения на грани блокировки передних колес (**на пределе управляемости**)

$$j = \frac{b\varphi_x g}{L\beta_T - h_u \varphi_x}$$

Чтобы определить, какую из приведенных выше формул следует применить, вначале нужно найти коэффициент сцепления, при котором колеса обоих мостов одновременно доводятся до блокировки:

$$\varphi_{opt} = (L\beta_T - b)/h_u.$$

Если **действительный коэффициент сцепления больше**, то при торможении автомобиля вначале блокируются задние колеса. Если же **фактический коэффициент сцепления меньше оптимального**, то при торможении блокируются передние колеса. Если значение получается близким к нулю или отрицательным, то при любых условиях движения автомобиля заблокированы будут только задние колеса.

Если начальная скорость автомобиля неизвестна, то в случае торможения без блокировки колес тормозной путь в отличие от длины следа юза обычно может быть установлен лишь с довольно грубым приближением, что сказывается на достоверности получаемых результатов.

При экстренном торможении тормозные силы на колесах автомобиля не могут превышать сил сцепления шин с дорогой. Поэтому **расчет движения автомобиля с незаблокированными колесами дает значения замедления меньше, а времени и пути больше, чем расчет по условиям полного использования сцепления.**

3 Параметры движения пешехода.

Скорость пешехода может быть установлена путем следственного эксперимента или на основе массовых наблюдений за поведением пешехода в аналогичных условиях.

Следственный эксперимент проводят, как правило, на месте ДТП. Если это невозможно, стараются воссоздать дорожную обстановку, максимально приближенную к фактическим обстоятельствам ДТП. Согласно многим исследованиям **очевидец ДТП хорошо помнит все детали события в течение примерно 10 дней** и в пределах этого срока может уверенно указать направление и скорость движения пешехода.

При проведении следственного эксперимента каждый из участников и очевидцев ДТП, находясь на месте, откуда он наблюдал воспроизводимое событие, указывает направление движения пострадавшего и место расположения его на проезжей части. Наиболее достоверные показания дают обычно очевидцы, находившиеся на близком расстоянии (до 20—30 м) от места наезда на пешехода.

Определив среднее арифметическое время по нескольким замерам и зная пройденное демонстратором расстояние, устанавливают ориентировочную скорость пешехода в процессе ДТП. Иногда для определения скорости пешехода применяют кино съемку, которая позволяет зафиксировать весь ход следственного эксперимента.

Недостаток этого метода заключается в невозможности абсолютно точно воспроизвести все обстоятельства ДТП, кроме того, проведение эксперимента связано с большой затратой времени. **Поэтому в экспертной практике скорость пешехода часто определяют по среднестатистическим значениям, установленным в результате массового обследования населения.**

Недостатком метода является определение не истинной скорости пешехода в момент ДТП, а только возможной.

Эксперименты в области моторики человека показали, что пешеход не может мгновенно изменить режим движения; каждый пешеход имеет свой

остановочный путь. Во время опытов даже заранее проинструктированный пешеход после подачи условного сигнала не сразу останавливался или изменял направление движения, а по инерции делал еще несколько шагов. Расстояние, проходимое пешеходом по инерции, зависит в основном от его начальной скорости и продолжительности латентного периода реакции.

На основании имеющихся исследований приблизительная длина остановочного пути пешехода

$$S_{\text{оп}} = a_{\text{п}} v_{\text{п}} - b_{\text{п}},$$

где a и b — эмпирические коэффициенты.

В таблицах приведены значения этих коэффициентов, а также средние скорости пешеходов-мужчин всех возрастных групп на укатанном снегу и на дорожных покрытиях всех видов.

Скорость пешеходов-женщин на 5—10% меньше, а их остановочный путь на 8—12% больше.

Данные таблиц получены на основании сравнительно небольшого числа экспериментов.

Для определения более точных значений скорости необходимы дальнейшие исследования.

Лекция 6

Безопасные скорости автомобиля.

Скорость является важнейшим показателем дорожного движения. Управляя автомобилем, водитель обычно выбирает режим движения исходя из двух критериев: минимальной затраты времени и максимальной безопасности движения.

Эти критерии противоречивы и превышение допустимого предела скорости является одной из наиболее распространенных причин ДТП. Тяжесть их последствий и возможность предотвращения также непосредственно связаны со скоростью транспортного средства.

Рассмотрим, каким образом, выбирая соответствующую скорость автомобиля, можно предотвратить наезд на пешехода.

Для упрощения расчетов поперечными размерами пешехода можно пренебречь и изображать его в виде точки.

Считаем, что автомобиль и пешеход движутся прямолинейно и их траектории пересекаются под прямым углом. Скорость пешехода считаем постоянной, а безопасным интервалом пренебрегаем. **Дорожную ситуацию, в которой возможен контакт транспортного средства с препятствием, способный вызвать вредные последствия, называют опасной дорожной обстановкой.**

Безопасной назовем такую скорость автомобиля, следуя с которой водитель в момент возникновения опасной дорожной обстановки имеет техническую возможность тем или иным способом предотвратить наезд. При прямолинейном движении водитель может обеспечить безопасность одним из следующих способов:

- **остановить автомобиль до линии следования пешехода;**
- **пересечь линию следования пешехода, проехав перед ним раньше, чем он достигнет полосы движения автомобиля;**
- **пропустить пешехода перед автомобилем.**

Примем, что опасная дорожная обстановка возникает в момент пересечения пешеходом некоторой линии — границы опасной зоны (например, границы проезжей части).

Расстояние между пешеходом и автомобилем в момент возникновения опасной обстановки обычно называют удалением автомобиля.

Первой безопасной скоростью ($V_{Б1}$) автомобиля называют минимальную скорость, следуя с которой водитель может, своевременно применив экстренное торможение, остановить автомобиль у линии следования пешехода.

Значение первой безопасной скорости получаем, приравняв удаление равное длине остановочного пути:

$$v_{Б1} = -Tj + \sqrt{T^2j^2 + 2S_{уд}j}.$$

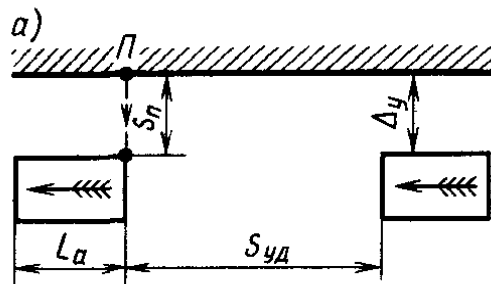
Первая безопасная скорость зависит лишь от показателей, характеризующих водителя, автомобиль и дорогу. Параметры движения пешехода в выражение не входят. Если автомобиль останавливается на расстоянии, равном удалению, то безопасность обеспечивается независимо от движения пешехода по проезжей части.

Требую от водителя, чтобы он вел автомобиль со скоростью $U_{Б1}$, забывают, что эта **скорость мгновенная**, действительная лишь для данного удаления и по мере приближения к пешеходу непрерывно уменьшающаяся вследствие уменьшения этого расстояния. **Фактически такое требование означает, что водитель, приближаясь к стоящему на краю проезжей части пешеходу, намерения которого ему неизвестны, обязан заблаговременно и непрерывно уменьшать скорость своего автомобиля.**

Для объективного расследования ДТП и установления возможности его предотвращения необходимо оценить поведение всех участников происшествия. Технически неграмотно определять допустимую скорость автомобиля исходя из действий пешехода, являющегося инициатором создания

опасной дорожной обстановки. Ответственность водителя за последствия наезда на пешехода может быть установлена лишь в том случае, когда водитель видел, что пешеход двигался, пренебрегая собственной безопасностью, но своевременно не принял мер к предотвращению наезда.

Второй безопасной скоростью автомобиля $V_{б2}$ называют минимальную скорость, следуя с которой автомобиль полностью проедет линию следования пешехода в момент, когда тот подойдет к его полосе движения.



Как видно на рис. а, автомобиль, движущийся равномерно со второй безопасной скоростью, переместится за время t на расстояние:

$$S_{уд} + L_a,$$

Пешеход за это время пройдет расстояние

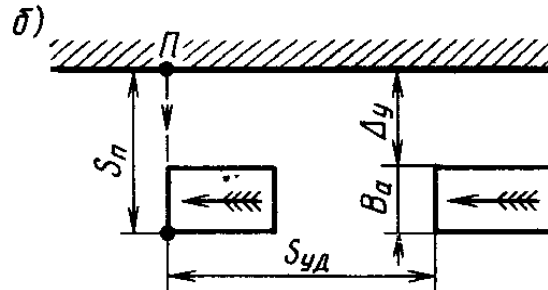
$$(\dot{S}_{уд} + L_a) / v_{б2} = \Delta y / v_{п},$$

$$v_{б2} = (S_{уд} + L_a)v_{п} / \Delta y.$$

В этом случае для сохранения безопасности должно быть выполнено условие $V_a > V_{б2}$.

Значение второй безопасной скорости увеличивается с увеличением расстояния удаления и скорости пешеходов, а также с уменьшением бокового интервала. **При небольших значениях Δy , характерных для движения по узким улицам городов и населенных пунктов, скорость должна быть весьма большой.** Поэтому такой способ обеспечения безопасности нежелателен, а при малых значениях Δy , и невозможен, так как расчетное значение $V_{б2}$ может превысить не только установленные ограничения, но и максимально возможную скорость данного автомобиля.

Третьей безопасной скоростью автомобиля $V_{б3}$, называют максимальную скорость, двигаясь с которой, автомобиль достигнет линии следования пешехода к тому моменту, когда пешеход уже уйдет с его полосы движения.



Для этого необходимо соблюдение равенства

$$S_{уд}/v_{б3} = (\Delta y + B_{а})/v_{п},$$

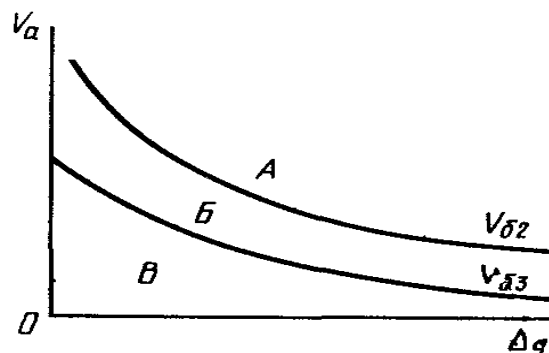
где $B_{а}$ — габаритная ширина автомобиля

Скорость

$$v_{б3} = S_{уд}v_{п}/(\Delta y + B_{а})$$

В этом случае условие безопасности: $V_{а} < V_{б2}$.

Вторая и третья безопасные скорости зависят от интервала Δy . Область А характеризует скорость, двигаясь с которой, автомобиль проедет мимо пешехода раньше, чем тот достигнет опасной зоны. Область В характеризует значения скорости, двигаясь с которой, автомобиль пропустит пешехода раньше, чем сам достигнет его линии следования. Наконец, зона Б характеризует скорости, при которых наезд автомобиля на пешехода при равномерном движении неизбежен.



Четвертой безопасной скоростью автомобиля V_{64} , называют максимальную скорость, при которой водитель, своевременно применив экстренное торможение, успевает пропустить пешехода.

Автомобиль при этом не останавливается у линии следования пешехода и пересекает ее с некоторой скоростью.

Время движения автомобиля T в интервале изменения скорости равно времени перемещения пешехода на расстояние $(\Delta_y + B_a)$:

$$T + (v_a - v_n)/j = (\Delta_y + B_a)/v_n = t_n.$$

Получаем выражение для четвертой безопасной скорости:

$$S_{yd} = v_a T + (v_a^2 - v_n^2)/(2j).$$

$$v_{64} = \frac{2S_{yd} + (t_n - T)^2 j}{2t_n} = v_{63} + (t_n - T)^2 j / (2t_n)$$

Чем менее интенсивно тормозит водитель, тем меньше должна быть начальная скорость автомобиля, чтобы пропустить пешехода.

Пятой безопасной скоростью автомобиля V_{65} называют такую скорость, следуя с которой, водитель, даже применив экстренное торможение в момент возникновения опасности, успевает проехать мимо пешехода. Эту скорость можно определить

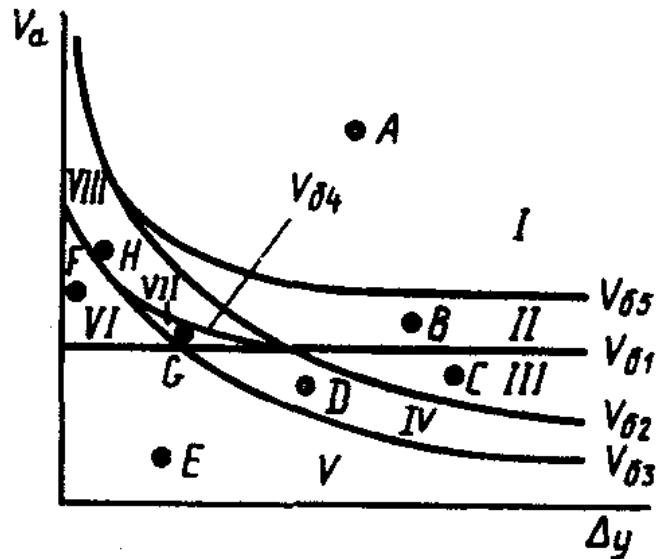
$$S_{yd} + L_a = v_a T + (v_a^2 - v_n^2)/(2j).$$

Получаем

$$v_{65} = \frac{2(S_{yd} + L_a) + (t_n^* - T)^2 j}{2t_n^*} = v_{62} + \frac{(t_n^* - T)^2 j}{2t_n^*},$$

где t_n — время движения пешехода.

Все поле графика можно разделить на восемь зон (I—VIII).



Для каждой из зон характерны свои способы обеспечения безопасности и положения автомобиля после остановки.

Так, при сочетаниях интервала Δy и скорости, характеризующихся зонами I—III, водитель проедет мимо пешехода, не снижая скорости. В первой зоне (точка A) и третьей зоне (точка C) можно также применить экстренное торможение. В первом случае заторможенный автомобиль, проехав мимо пешехода, остановится за линией его следования, а во втором — до этой линии.

В зоне II (точка B) экстренное торможение приведет к наезду на пешехода. В зонах IV и V, напротив, единственным средством обеспечения безопасности является своевременное экстренное торможение (точки D и G). При значениях интервала и скорости, охватываемых этими зонами, равномерное движение автомобиля не предотвращает наезда на пешехода.

В зонах V (точка E) и VI (точка F) пешеход успевает перейти полосу движения автомобиля при $V_a = \text{const}$. В случае своевременного экстренного торможения автомобиль останавливается либо после пересечения линии следования пешехода (зона VI), либо до нее (зона V).

Наконец, зона VIII (точка H) характеризует сочетание таких условий движения, при которых водитель не имеет технической возможности предотвратить ДТП, не изменяя направления движения автомобиля.

Лекция 7

Безопасные скорости пешехода.

1 Влияние пешехода на ДТП

Рассматривая безопасные скорости автомобиля и действия водителя, следует также указать, что, как правило, **у пешехода гораздо больше шансов увидеть приближающийся автомобиль, чем у водителя заметить пешехода, так как параметры внешней информативности автомобиля (размеры, шумность, сигнализация) в несколько раз выше, чем у человека.** Кроме того, пешеход может значительно легче изменить направление и скорость движения и оградить тем самым себя от опасности, чем любое транспортное средство. Однако приходится считаться с непреложным фактом: **если произошел наезд транспортного средства на пешехода, то независимо от действий и состояния пешехода в положении подозреваемого (а затем и обвиняемого) прежде всего оказывается водитель.** Причина такого подхода к оценке ДТП в известной мере объясняется установившимся мнением, согласно которому водитель управляет «источником повышенной опасности», т. е. таким предметом, который, будучи приведен в движение, проявляет свойства, исключающие возможность остановить предмет и прервать его движение.

Согласно действующему законодательству имеется возможность привлекать к судебной ответственности пешехода, действия которого повлекли за собой ДТП, однако на практике эта возможность реализуется крайне редко.

Определим условия, при которых может избежать наезда пешеход, движущийся прямолинейно с постоянной скоростью под углом α к направлению движения автомобиля. Движение автомобиля также считаем прямолинейным и равномерным.

Очевидно, пешеход может обеспечить собственную безопасность двумя способами:

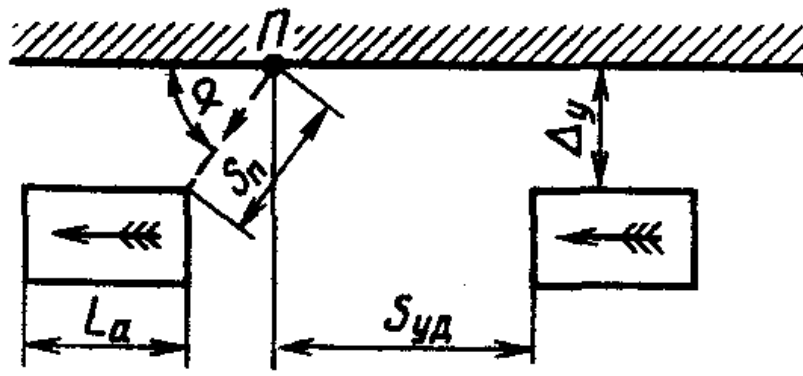
- либо двигаться сравнительно медленно, чтобы автомобиль успел проехать мимо него, не задев,

- либо, напротив, двигаться максимально быстро, чтобы успеть пройти перед автомобилем.

Таким образом, принимают две безопасные скорости пешехода.

2 Первая безопасная скорость пешехода

Первой безопасной скоростью пешехода V_{i1} - назовем максимальную скорость, следуя с которой, пешеход подойдет к полосе движения автомобиля к тому моменту, когда автомобиль пересечет его линию следования.



$$(S_{уд} + L_a + \Delta_y \operatorname{ctg} \alpha) / v_a = \Delta_y / (\sin \alpha v_p),$$

Согласно рисунку первая безопасная скорость пешехода

$$v_{п1} = \frac{\Delta_y v_a}{\Delta_y \cos \alpha + (S_{уд} + L_a) \sin \alpha}.$$

При $\alpha = 90$ скорость $v_{п1} = \Delta_y v_a / (S_{уд} + L_a)$.

Условие сохранения безопасности: $V_i < V_{i1}$.

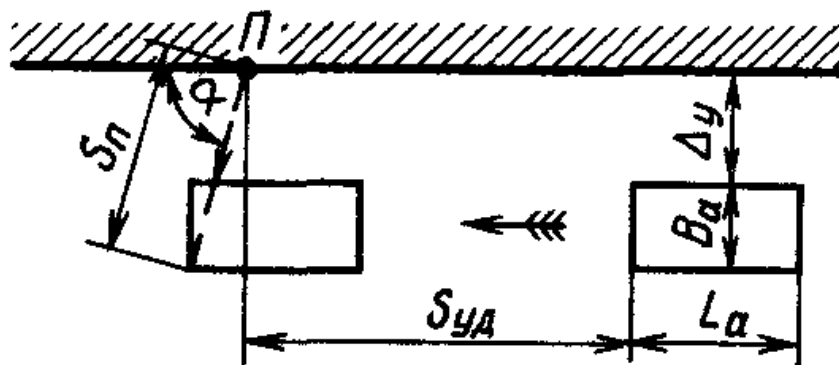
Первая безопасная скорость пешехода зависит от угла, как показано на рисунке. Найдем угол, при котором скорость минимальна. Продифференцировав по углу указанную формулу и приравняв производную нулю, получаем

$$\operatorname{ctg} \alpha_1 = \Delta_y / (S_{yd} + L_a).$$

$$V_{i1 \min} = \frac{\Delta_y \cdot V_a}{\sqrt{\Delta_y^2 + (S_{\acute{o}\ddot{a}} + L)^2}}.$$

3 Вторая безопасная скорость пешехода

Второй безопасной скоростью пешехода V_{i2} - назовем такую минимальную скорость, двигаясь с которой, он успеет покинуть полосу движения автомобиля к тому моменту, когда последний приблизится к его линии следования.



$$(S_{\acute{o}\ddot{a}} + (\Delta_{\acute{o}} + \hat{A}_a) \operatorname{ctg} \alpha) / V_a = (\Delta_{\acute{o}} + \hat{A}_a) / (V_i \sin \alpha)$$

Согласно рисунку вторая безопасная скорость пешехода

$$v_{n2} = \frac{(\Delta_y + B_a)v_a}{(\Delta_y + B_a)\cos \alpha + S_{yd}\sin \alpha}.$$

При $\alpha = 90$ скорость $V_{i2} = (\Delta_{\acute{o}} + \hat{A}_a) V_a / S_{\acute{o}\ddot{a}}$

Условие сохранения безопасности: $V_i > V_{i2}$.

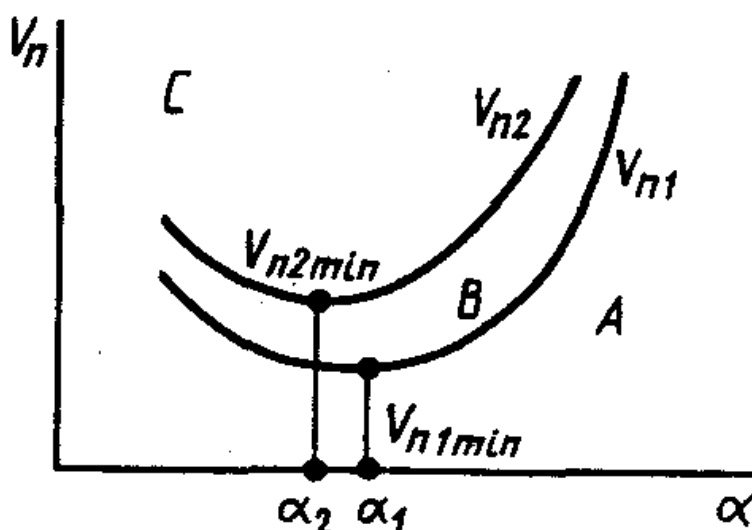
Первая безопасная скорость пешехода зависит от угла, как показано на рисунке. Найдем угол, при котором скорость минимальна. Продифференцировав по углу указанную формулу и приравняв производную нулю, получаем

$$\operatorname{ctg}\alpha_2 = (\Delta_y + B_a) / S_{уд}.$$

$$v_{n2\min} = v_a(\Delta_y + B_a) / \sqrt{(\Delta_y + B_a)^2 + S_{уд}^2}.$$

4 Анализ безопасных скоростей пешехода

Таким образом, чтобы избежать наезда и обеспечить собственную безопасность, пешеход должен двигаться либо со скоростью, не превышающей V_{i1} (зона А), либо со скоростью, не меньшей, чем V_{i2} (зона С). При движении со скоростями, характерными для зоны В, наезд неизбежен. Если пешеход намерен пропустить автомобиль, то наиболее опасным будет его движение под углом α_1 , так как допустимая скорость при этом минимальна. Если же он хочет перейти дорогу перед автомобилем, то наиболее целесообразным будет его движение под углом α_2 , так как при любом другом направлении движения он должен будет идти быстрее, чтобы перейти дорогу.



Лекция 8

Классификация наездов на пешехода и их расследование.

1 Классификация наездов на пешехода.

В Правилах дорожного движения пешеходом называется лицо, находящееся вне транспортного средства на дороге и не выполняющее на ней работу. Пешеходами считаются также лица, передвигающиеся в инвалидных колясках без двигателя, ведущие велосипед, мопед, мотоцикл, везущие санки, тележку, детскую или инвалидную коляску. Согласно этому определению пешеходами не считаются лица, выполняющие на дороге работу, например рабочие, занятые ремонтом или уборкой проезжей части, устанавливающие дорожные знаки или наносящие разметку.

При экспертном исследовании ДТП лица, занятые работой на дороге или вблизи нее, не выделяются в особую категорию и считаются пешеходами наряду с другими людьми. Причина заключается в том, что человек, находящийся на проезжей части, обязан заботиться о собственной безопасности независимо от того, работает он на дороге в данный момент или передвигается по личным надобностям. Водитель в свою очередь должен быть предупредительным к другим участникам движения, оберегать жизнь и здоровье всех граждан и не подвергать их опасности независимо от причин, вызвавших их появление на проезжей части. **Поэтому в дальнейшем пешеходом называется любое лицо, находящееся на дороге вне транспортного средства.**

Наездом автомобиля на пешехода считается такое ДТП, в процессе которого пешеход получил телесные повреждения или погиб в результате контакта с движущимся автомобилем. При этом безразлично, ударил ли автомобиль пешехода своей передней торцовой поверхностью или пешеход набежал на боковую сторону автомобиля.

Во время происшествия пешеход может получить травму от удара о детали движущегося автомобиля или о дорожное покрытие в результате отбрасывания.

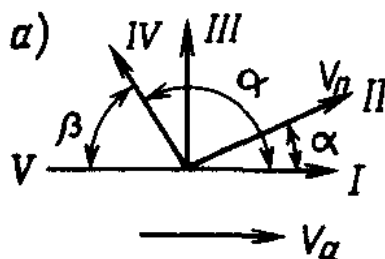
Наезд автомобиля на пешехода — один из самых распространенных видов ДТП. В нашей стране наезды на пешехода составляют примерно 35—40%, а в городах и крупных населенных пунктах — до 50—60% всех происшествий. При этом в подавляющем большинстве случаев наезды вызваны недисциплинированностью и невнимательностью пешеходов. Переход проезжей части в запрещенном месте и в непосредственной близости от движущегося автомобиля, игнорирование сигналов светофора и регулировщика, игры на проезжей части детей и подростков являются наиболее частыми причинами наездов. **Большинство этих действий совершается внезапно и неожиданно для водителя, и он не всегда успевает принять меры, необходимые для предотвращения наезда, или принимает их с опозданием, которое часто стоит жизни пешеходу.**

Анализ статистических данных свидетельствует о том, что по мере увеличения числа автомобилей в стране относительное число наездов обычно уменьшается из-за увеличения числа столкновений автомобилей, их опрокидывания, наездов на неподвижные препятствия.

В зависимости от основных признаков, определяющих механизм наезда, их можно разбить на три группы.

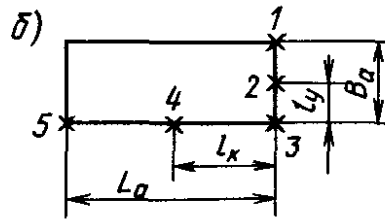
1) **По характеру движения автомобиля:** А — наезд при равномерном движении; Б — наезд в процессе торможения.

2) **По величине угла между векторами скоростей автомобиля и пешехода:**



1 - попутный наезд; 2 - косо попутный наезд; 3 - поперечный наезд; 4 - косо встречный наезд; 5 - встречный наезд.

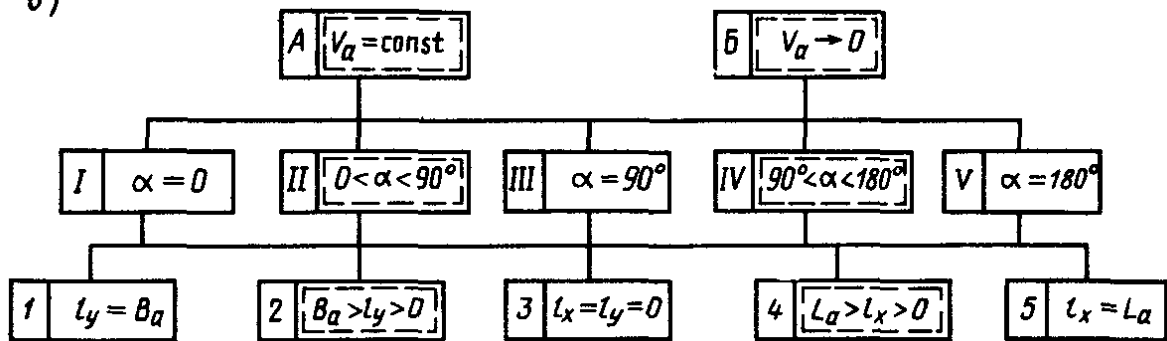
3) По расположению места удара на автомобиле.



В соответствии с рисунком имеем следующие разновидности наезда:

- 1 - удар пешеходу нанесен дальним передним углом,
- 2 - удар нанесен передней частью;
- 3 - удар нанесен ближним углом;
- 4 - удар нанесен боковой поверхностью;
- 5 - удар нанесен дальним углом.

б)



Всего можно насчитать 50 различных вариантов наезда.

2 Понятия видимости и обзорности

Весьма серьезное значение для безопасности движения имеют зрение водителя и возможность своевременно заметить пешехода. Основной поток информации, получаемой водителем в процессе вождения, доставляют ему именно органы зрения.

Видимостью называют возможность различить особенности окружающей обстановки, обусловленную степенью освещенности предметов и прозрачностью воздушной среды. Характеристиками видимости служат дальность и степень видимости, зависящие от дорожных и метеорологических

условий.

Под дальностью видимости понимают максимальное расстояние, на котором рассматриваемый объект можно различить на фоне окружающих его предметов.

Степенью видимости называют возможность различить характерные особенности наблюдаемого предмета: его цвет, форму и т. д.

Видимость окружающей обстановки может быть ухудшена вследствие плохого освещения дороги (в темное время суток), тумана, снегопада или дождя. При движении автомобиля по грунтовой дороге видимость часто ухудшают облака пыли.

Обзорностью называют возможность для водителя видеть дорожную обстановку на полосе своего движения и по обе стороны от нее, а также пространство на некоторой высоте над автомобилем. Обзорность может быть затруднена особенностями продольного профиля и плана дороги, а также деталями самого автомобиля (например, угловой стойкой кабины)

В зависимости от видимости и обзорности наезды на пешехода можно разделить на наезды:

- при неограниченной видимости и обзорности;
- при обзорности, ограниченной неподвижным препятствием;
- при обзорности, ограниченной движущимся препятствием;
- при ограниченной видимости.

3 Расследование наездов на пешехода

Любое ДТП можно рассматривать как единичную реализацию события, происходящего под действием большого количества факторов, в том числе случайных. ДТП, связанные с наездом на пешехода, имеют некоторые общие черты. Это позволило разработать единую методику их экспертного исследования, не зависящую от частных деталей конкретного ДТП. В основу методики положены **синхронность и взаимосвязь движения пешехода и**

транспортного средства во время происшествия.

Для производства судебной автотехнической экспертизы наезда в распоряжении эксперта должны быть предоставлены материалы в объеме, достаточном для полного и объективного исследования ДТП.

Служебный эксперт, как правило, извне таких материалов в полном объеме не получает. Необходимые для экспертизы исходные данные ему приходится добывать самостоятельно, выезжая на место ДТП, беседуя с потерпевшими и очевидцами, используя документацию ГАИ и т. д.

Изучая обстоятельства ДТП, эксперт мысленно воссоздает последовательность развертывания событий происшествия, характер движения транспортных средств, действий его участников. В результате он разрабатывает предварительную информационную модель ДТП. Одновременно эксперт намечает примерный план предстоящих исследований, уточняет операции, направленные на решение экспертного задания.

Прежде всего, опираясь на установленные следствием обстоятельства, эксперт восстанавливает механизм происшествия и, используя свои специальные познания, **определяет положение транспортных средств и пешеходов в различные моменты времени, устанавливает численные значения параметров, с наибольшей вероятностью характеризующие действительный процесс ДТП.**

Второй аспект экспертного исследования заключается в том, что эксперт, основываясь на принятой модели действительного процесса ДТП, рассматривает его вероятные версии, которые могли иметь место, если бы изменились некоторые из обстоятельств дела.

После анализа исходных данных и установления их корректности наступает следующий этап экспертного исследования ДТП — *определение момента возникновения опасной дорожной обстановки.*

Определить момент возникновения опасной обстановки исходя из механизма ДТП — это значит — установить момент, в который какой-то из элементов ДТС приобрел свойства источника опасности, а дальнейшее изменение ситуации характеризуется такой степенью аварийных последствий, которая

требует принятия экстренных мер для предотвращения ДТП.

В экспертной практике за момент возникновения опасной дорожной обстановки обычно принимают один из следующих: пересечение пешеходом какой-нибудь линии, условно принимаемой за границу опасной зоны; начало движения или изменение его темпа и направления; появление пешехода в поле зрения водителя.

При движении автомобиля в условиях ограниченной видимости или обзорности момент возникновения опасной дорожной обстановки чаще всего отождествляют с моментом появления пешехода в поле зрения водителя.

После того как момент возникновения опасной дорожной обстановки установлен, эксперт восстанавливает механизм ДТП и определяет, какое положение занимали автомобиль и пешеход в этот момент. Для этого мысленно отодвигают автомобиль и пешехода от места наезда назад, т. е. в направлениях, обратных их фактическому движению. Затем расчетом определяют числовые параметры, характеризующие движение транспортного средства и пешехода в процессе ДТП.

На каком расстоянии от места наезда находился пешеход в момент, когда автомобиль находился от этого места на расстоянии, равном остановочному пути?

Таким образом, в первом случае за исходный берут момент возникновения опасной дорожной обстановки, а во втором — момент, в который водитель имел техническую возможность остановиться у линии следования пешехода. Условия безопасного перехода полосы движения автомобиля при этом не рассматриваются, что сужает рамки исследования и обедняет конечные выводы экспертизы.

Особенности экспертного исследования и трудности, возникающие при ответе на каждый из перечисленных вопросов, освещены ниже при описании отдельных разновидностей наезда.

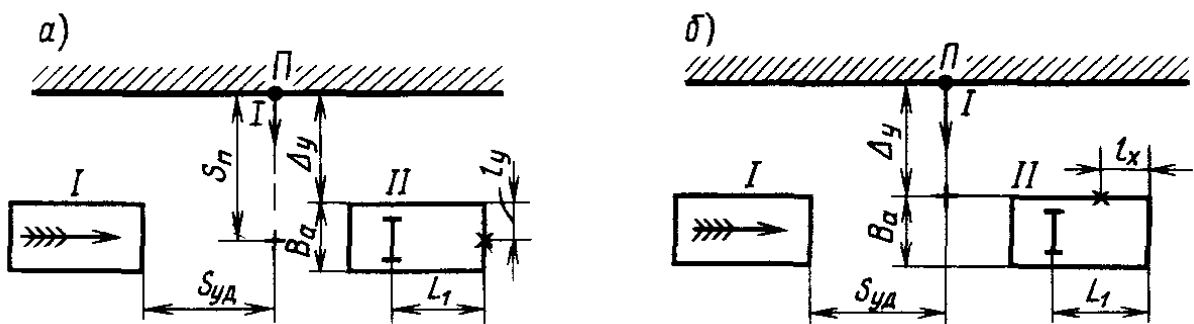
Лекция 9

Наезд на пешехода при неограниченной видимости и обзорности.

1 Наезд на пешехода при неограниченной видимости и обзорности при движении автомобиля с постоянной скоростью

Наезды при неограниченной видимости и обзорности весьма распространены. Так, примерно до **60% всех наездов на пешеходов происходят в условиях, когда ничто не мешает водителю заметить на большом расстоянии пешехода** и правильно оценить его действия.

На рисунке показана схема ДТП, в процессе которого автомобиль, двигавшийся с постоянной скоростью, сбил пешехода своей передней частью.



Прямым крестом здесь обозначено место взаимного контакта автомобиля и пешехода на проезжей части в момент наезда. Косым крестом отмечено расположение на автомобиле детали, нанесшей удар пешеходу. Поскольку водитель перед наездом не тормозил, то после остановки автомобиль может занимать на проезжей части любое положение.

Из материалов дела, предоставленных эксперту, он выбирает значения следующих параметров:

пути пешехода с момента возникновения опасной обстановки до наезда;
скорости автомобиля и пешехода;

расстояния пройденного пешеходом по полосе движения автомобиля.

Пользуясь техническими и справочными пособиями, эксперт выбирает

значения параметров, необходимых ему для исследования ДТП. К ним относятся: замедление автомобиля, значения времени T , габаритные размеры автомобиля и другие данные, необходимые для экспертизы.

Примерная последовательность расчета в данном случае такова.

1. Определяют удаление автомобиля от места наезда. При этом варианте наезда удаление совпадает с перемещением автомобиля с момента возникновения опасной обстановки до наезда. Удаление

$$S_{уд} = v_a S_n / v_n.$$

2. Длину остановочного пути автомобиля рассчитывают по известной формуле.

3. Условие остановки автомобиля до линии следования пешехода при своевременном торможении

$$S_o < S_{уд}.$$

Если в результате расчетов окажется, что условие выполняется, то исследование в данном направлении заканчивается. Если же нет, то расчеты можно продолжить следующим образом.

4. Расстояние, на которое переместился бы заторможенный автомобиль после пересечения линии следования пешехода (если бы водитель действовал технически правильно и своевременно затормозил),

$$S'_{пн} = S_o - S_{уд}.$$

Это расстояние, вычисленное в соответствии с предположением о своевременном торможении, которого в действительности не было, отличается от фактического перемещения автомобиля после наезда на пешехода.

5. Скорость автомобиля в момент пересечения им линии следования при своевременном торможении

$$v'_n = \sqrt{2S'_{пн}j}.$$

6. Время движения автомобиля с момента возникновения опасной обстановки до пересечения линии следования пешехода при условии своевременного торможения

$$t'_{\text{дн}} = T + (v_a - v'_n)/j.$$

7. Перемещение пешехода за рассчитанное время

$$S'_n = v_n t'_{\text{дн}}.$$

8. Условие безопасного перехода полосы движения автомобиля пешеходом

$$S'_n > (\Delta_y + B_a) + \Delta_b,$$

Удар боковой поверхностью автомобиля, такие ДТП встречаются реже, чем наезды, связанные с ударом, нанесенным передней частью автомобиля. При изучении наезда данного варианта расчеты проводят в последовательности, указанной выше, со следующими исключениями.

При наездах с ударом, нанесенным боковой поверхностью автомобиля, удаление автомобиля и время движения пешехода в поле зрения водителя не совпадают с перемещением и временем движения автомобиля до наезда. После того как автомобиль достиг линии следования пешехода, водитель практически лишен возможности наблюдать за действиями последнего и реагировать на них.

Удаление автомобиля

$$S_{\text{уд}} = S_{\text{дн}} - l_x = S_n v_a / v_n - l_x.$$

Время движения пешехода в поле зрения водителя

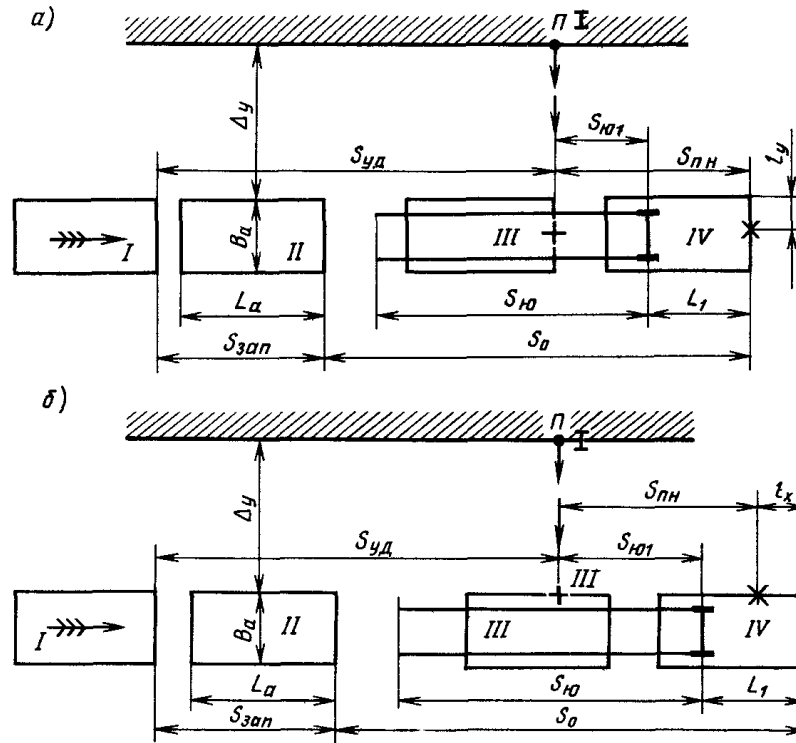
$$t_{\text{вп}} = S_n / v_n - l_x / v_a = S_{\text{уд}} / v_a.$$

2 Наезд на пешехода при неограниченной видимости и обзорности при движении автомобиля с экстренным торможением

Исходные данные, перечисленные в предыдущем параграфе для экспертного исследования наезда данной разновидности, необходимо дополнить еще двумя. Эксперт должен знать перемещение автомобиля в заторможенном состоянии после наезда на пешехода и полную длину

тормозного следа.

Порядок экспертного исследования в основном такой же, как описано выше, за некоторыми исключениями. Вначале определяют скорости начальную и наезда, затем находят удаление автомобиля от места наезда по следующей методике.



На рисунке римскими цифрами обозначены положения в моменты:

- 1** - возникновения опасной обстановки;
- 2** - начала нарастания замедления;
- 3** - полного торможения;
- 4** - наезда на пешехода.

Удаление

$$S_{уд} = (T + t_{зап}) v_a + (v_a^2 - v_n^2) / (2j),$$

где $t_{зап}$ — время запаздывания, просроченное водителем с принятием мер безопасности. При своевременном торможении равно 0.

Вместе с тем

$$T + t_{зап} + (v_a - v_n) / j = S_n / v_n.$$

Следовательно,

$$S_{уд} = S_n v_a / v_n - (v_a - v_n) v_a / j + (v_a^2 - v_n^2) / (2j),$$

откуда искомое удаление автомобиля от места наезда

$$S_{уд} = S_n v_a / v_n - (v_a - v_n)^2 / (2j).$$

Выразив значения скоростей через соответствующие расстояния, можно также написать:

$$S_{уд} = S_n v_a / v_n - (0,5t_3 j + \sqrt{2S_{юj}} - \sqrt{2S_{пнj}})^2 / (2j).$$

Если пренебречь первым членом в скобке, то выражение (5.16) упростится

$$S_{уд} = S_n v_a / v_n - (\sqrt{S_{ю}} - \sqrt{S_{пн}})^2.$$

Для случая с ударом, нанесенным пешеходу боковой поверхностью автомобиля, формулы для расчета удаления принимают следующий вид:

$$S_{уд} = S_n v_a / v_n - (v_a - v_n)^2 / (2j) - l_x;$$

$$S_{уд} = S_n v_a / v_n - (0,5t_3 j + \sqrt{2S_{юj}} - \sqrt{2S_{пнj}})^2 / (2j) - l_x;$$

$$S_{уд} = S_n v_a / v_n - (\sqrt{S_{ю}} - \sqrt{S_{пн}})^2 - l_x.$$

Полученное удаление сравнивают с остановочным путем.

Эксперт должен также уметь ответить на вопрос, своевременно ли водитель применил торможение, и анализировать вариант, когда водитель при виде пешехода не затормозил бы, а продолжал движение с прежней скоростью.

Рассмотрим основные варианты данного ДТП.

Определим наличие у водителя технической возможности избежать наезда на пешехода. Примерная последовательность расчета такова.

1. Перемещение автомобиля в заторможенном состоянии после наезда на пешехода.

2. Скорость автомобиля в момент наезда

$$v_n = \sqrt{2S_{пнj}}.$$

3. Скорость автомобиля в момент, предшествующий торможению, рассчитывают по известной формуле.

4. Удаление автомобиля от места наезда определяют по указанным

формулам.

5. Условие возможности остановки автомобиля до линии следования пешехода

$$S_{уд} > S_0$$

Соблюдение данного условия свидетельствует о бывшей у водителя технической возможности предотвратить наезд путем остановки автомобиля на безопасном расстоянии. Если же перемещение автомобиля равно расстоянию удаления или больше него, то предотвратить наезд на пешехода путем остановки было невозможно даже при своевременном торможении.

Проверяя, была ли у водителя возможность пропустить пешехода, расчеты продолжают следующим образом.

6. Перемещение автомобиля после пересечения линии следования пешехода при своевременном торможении

$$S'_{пн} = (S_0 - S_{уд}).$$

7. Скорость автомобиля в момент пересечения им линии следования пешехода

$$v'_н = \sqrt{2S'_{пн}j}.$$

8. Время движения автомобиля до линии следования пешехода

$$t'_{дн} = T + (v_a - v'_н)/j$$

9. Путь пешехода за рассчитанное время

$$S'_п = v_п t'_{дн}.$$

10. Условие безопасного перехода пешеходом полосы

$$S'_п > (\Delta_y + B_a + \Delta_б).$$

Лекция 10

Наезд на пешехода при обзорности, ограниченной неподвижным препятствием.

1 Общая характеристика наезда на пешехода при обзорности, ограниченной неподвижным препятствием.

В практике довольно часты ДТП, когда пешеход не все время своего движения по проезжей части находился в поле зрения водителя. В этих случаях обзорность дороги впереди автомобиля и по сторонам ограничена. Пешеход, некоторое время движется, оставаясь невидимым водителю, и появляется внезапно для последнего. **Такие ДТП особенно часто возникают в сложных условиях городов, и из-за недисциплинированности пешеходов.**

Доля наездов на пешеходов при обзорности, ограниченной неподвижным препятствием, составляет 18%, а при обзорности, ограниченной встречным транспортным средством, - около 22% всех наездов.

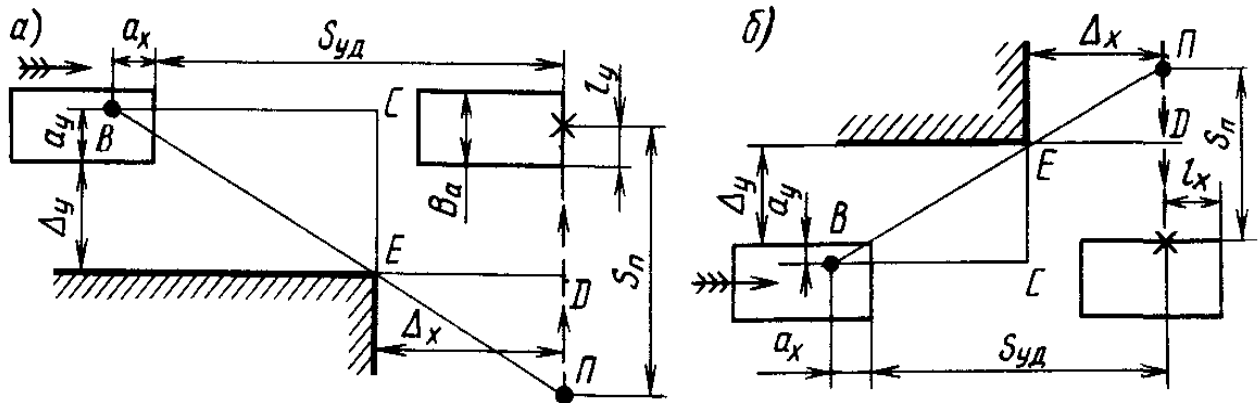
Обзорность в плане ограничивают неподвижные предметы, а также транспортные средства, движущиеся в направлении попутном или встречном по отношению к автомобилю, совершившему наезд. Предметы, ограничивающие обзорность, обычно находятся не прямо перед водителем, а несколько в стороне. **Для того чтобы рассмотреть их, водителю нужно перевести взгляд так, чтобы препятствие оказалось в поле зрения обоих глаз — в области бинокулярного зрения.** Такое перемещение глаз иногда занимает значительное время, что учтено дифференцированными значениями времени реакции водителя.

2 Наезд на пешехода при обзорности, ограниченной неподвижным препятствием без торможения

Рассмотрим наезд при обзорности, ограниченной неподвижным препятствием, без торможения, а удар пешеходу был нанесен передней частью

автомобиля.

При анализе подобных ДТП момент возникновения опасной обстановки обычно отождествляют с моментом появления пешехода в поле зрения водителя из-за препятствия, ограничивающего обзорность.



Этот момент не совпадает с моментом пересечения пешеходом опасной зоны или моментом изменения им направления и темпа движения. Однако, если лицо, назначившее судебную экспертизу, укажет другой момент возникновения опасной обстановки (например, начало движения пешехода по проезжей части), то эксперт обязан руководствоваться этим указанием, высказав в заключении свое мнение.

Момент появления пешехода из-за препятствия и соответствующее положение автомобиля на дороге вычисляют исходя из двух условий ДТП: геометрического и кинематического. При этом отмечают место расположения водителя в автомобиле, после чего мысленно отодвигают пешехода и автомобиль от места наезда до тех пор, пока водитель и пешеход не окажутся на одной прямой с углом объекта, ограничивающего обзорность. После этого расчетами определяют удаление автомобиля от места наезда.

Иногда, не имея данных о расположении водителя в кабине условно совмещают место водителя с одним из передних углов автомобиля, чаще всего левым. Такое допущение дает более простые формулы, но вносит

существенную ошибку в определение удаления и не может быть рекомендовано. Координаты места водителя в отечественных автомобилях приведены в таблице.

Автомобили	Расстояния, м		
	a_x	a_{y1}^*	a_{y2}^{**}
ЗАЗ2965 «Запорожец»	1,45	0,35	1,05
ЗАЗ-968, -969М «Запорожец»	1,7	0,4	1,1
ВАЗ-2101, -2103, -2106 «Жигули»	1,8	0,5	1,1
«Москвич»-2136, -2137, -2138, -2140, -408	2,0	0,5	1,05
ГАЗ-24, -3102 «Волга»	2,2	0,5	1,32
ГАЗ-13 «Чайка»	2,2	0,6	1,4
ЗИЛ-114	2,7	0,7	1,4
РАФ-977 «Латвия»	1,0	0,4	1,8
ПАЗ-652, ЗИЛ-155, ЛАЗ-695В	1,1	0,5	2,0
УАЗ-450, -451, -452	1,0	0,5	1,4
ГАЗ-51А, -53А, ПАЗ-653	2,05	0,6	1,8
ЗИЛ-150, -164А, -585	2,5	0,7	1,8
ЗИЛ-130-76	2,4	0,6	1,9
МАЗ-501, -502	2,4	0,7	1,8
МАЗ-500, -503, -504	1,1	0,7	1,8
КамАЗ-5320, -5410	1,0	0,6	1,9
КрАЗ-214, -219, -221, -222	2,8	0,9	1,6

* От левой стороны автомобиля

** От правой стороны автомобиля

Из подобия прямоугольных треугольников ВСЕ и ЕДП («треугольников обзорности») имеем геометрическое условие:

$$(S_{уд} + a_x - \Delta_x) / (\Delta_y + a_y) = \Delta_x / (S_{п} - \Delta_y - l_y),$$

где $\Delta\delta$ — расстояние между линией следования пешехода и предметом, ограничивающим обзорность, $\Delta\delta'$ — расстояние между автомобилем и предметом, ограничивающим обзорность; δ_0 и δ_0' — расстояния соответственно от места водителя до передней части и боковой стороны автомобиля, ближайшей к предмету, ограничивающему обзорность.

Поскольку автомобиль и пешеход движутся равномерно, то пешеход проходит путь $S_{п}$, а автомобиль перемещается на расстояние $S_{уд}$ за один и тот же промежуток времени («кинематическое условие»):

$$S_{yd}/v_a = S_n/v_n.$$

Исключив из выражений показатель S_n , получаем уравнение с одним неизвестным:

$$(S_{yd} + a_x - \Delta_x)(S_{yd}v_n/v_a - \Delta_y - l_y) = (\Delta_y + a_y) \Delta_x$$

Это уравнение второго порядка относительно удаления.

Уравнение, полученное на основании расчетной схемы, характеризует взаимное расположение трех точек, соответствующих в этой схеме водителю (точка В), пешеходу (точка Л) и вершине угла предмета, ограничивающего обзорность (точка Е). Эти три точки могут находиться на одной прямой в двух случаях: когда автомобиль и пешеход в своем движении еще не достигли угла препятствия и когда они уже миновали его. Первому случаю, представляющему для нас интерес, соответствует корень уравнения со знаком «плюс» перед радикалом.

После определения S_{yd} исследование продолжают в той же последовательности, что и для наезда при неограниченной обзорности.

Условие безопасного перехода при ударе, нанесенном торцовой поверхностью автомобиля, должно быть записано следующим образом:

$$S'_n = v_n t'_{дн} > (S_n + B_a - l_y),$$

Здесь и ниже для упрощения принято, что длина пути, пройденного пешеходом до наезда, всегда меньше расстояния между полосой движения автомобиля и границей проезжей части. Если из обстоятельств дела выяснится, например, что часть пути пешеход прошел по тротуару, то за начало опасной ситуации более правильно считать момент пересечения пешеходом границы проезжей части дороги.

Схема наезда, при котором удар пешеходу был нанесен боковой поверхностью автомобиля, показана на рисунке.

Геометрическое условие

$$(S_{yd} + a_x - \Delta_x)/(\Delta_y + a_y) = \Delta_x/(S_n - \Delta_y).$$

Кинематическое условие также несколько изменяется:

$$(S_{yd} + l_x)/v_a = S_{п}/v_{п}.$$

получаем:

$$(S_{yd} + a_x - \Delta_x)/(\Delta_y + a_y) = \Delta_x v_a / [(S_{yd} + l_x) v_{п} - \Delta_y v_a].$$

Условие безопасного перехода полосы движения автомобиля пешеходом:

$$S'_{п} = v_{п} t'_{дн} > (S_{п} + B_a + \Delta_6).$$

3 Наезд на пешехода при обзорности, ограниченной неподвижным препятствием с торможением

Переходим к анализу наезда на пешехода при замедленном движении автомобиля. **Экспертные расчеты при исследовании таких наездов более трудоемки и сложны по сравнению с расчетами, проведенными ранее.** Однако с методической точки зрения больших отличий от вариантов, рассмотренных выше, нет. **Вначале определяют параметры движения автомобиля. Затем, исходя из условий обзорности, находят удаление автомобиля в момент появления пешехода в поле зрения водителя.**

Рассмотрим наезд, в процессе которого удар пешеходу был нанесен передней частью автомобиля. Расчетная схема, соответствующая данному случаю, показана на рисунке. **Наиболее сложной стадией анализа подобного ДТП является определение удаления автомобиля.**

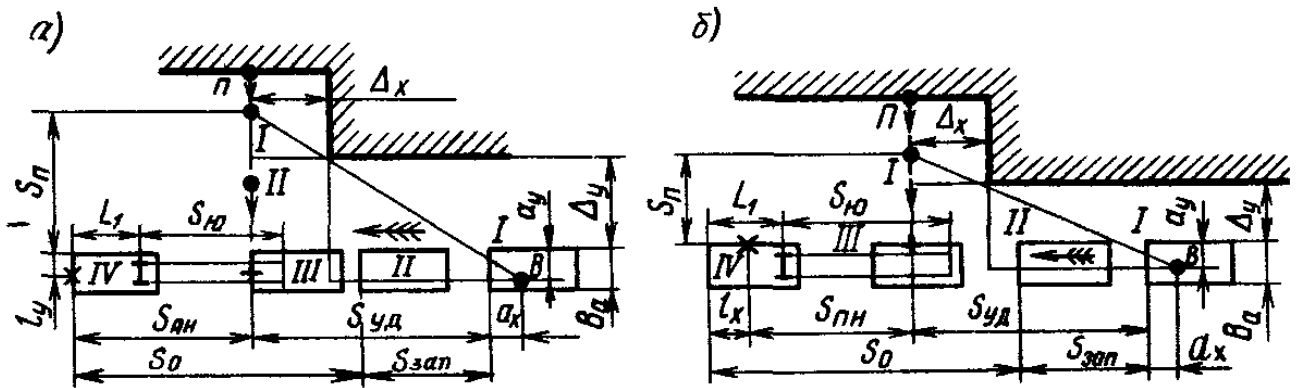
Согласно рисунку геометрическое условие обзорности остается тем же, что и при наезде с постоянной скоростью:

$$(S_{yd} + a_x - \Delta_x)/(\Delta_y + a_y) = \Delta_x / (S_{п} - \Delta_y - l_y).$$

$$\dot{S}_{п} = \Delta_x (\Delta_y + a_y) / (\dot{S}_{yd} + a_x - \Delta_x) + \dot{\Delta}_y + l_y.$$

$$S_{п} = v_{п}/v_a (S_{yd} + (v_a - v_{п})^2 / (2j))$$

Приравняв правые части этих выражений, получаем одно уравнение. Решая его, находим удаление автомобиля от места наезда $S_{уд}$.



Примерная последовательность расчетов.

1. Скорость автомобиля перед торможением.
2. Скорость автомобиля в момент наезда на пешехода.
3. Вычисляют расстояние видимости пешехода. После этого определяют возможность остановки автомобиля до линии следования пешехода при своевременном принятии мер водителем и возможность безопасного перехода полосы движения автомобиля пешеходом.

Переходим к ДТП, в процессе которого удар пешеходу был нанесен боковой стороной автомобиля.

Последовательность расчета сохраняется той же, что и в предыдущем варианте. Геометрическое условие

$$(S_{yd} + a_x - \Delta_x) / (\Delta_y + a_y) = \Delta_x / (S_n - \Delta_y).$$

$$S_n = v_n / v_a (S_{yd} + (v_a - v_n)^2 / (2j))$$

Совместное решение этих уравнений дает искомое значение удаления автомобиля. Последовательность остальных расчетов остается той же, что и в предыдущих случаях. Также сохраняет свою силу замечание о возможности получения отрицательного значения удаления.

Лекция 11

Наезд на пешехода при обзорности, ограниченной подвижным препятствием.

1 Общая характеристика наезда на пешехода при обзорности, ограниченной подвижным препятствием.

В городах и населенных пунктах наибольшие помехи создают крупногабаритные транспортные средства (автобусы, троллейбусы, автомобили с кузовами-фургонами). Однако быстро проехавший встречный автобус может меньше ухудшить обзорность, чем легковой автомобиль с кузовом «универсал», движущийся в попутном направлении.

Как показывает статистика, наезды на пешехода, вышедшего из-за автомобиля, движущегося в соседнем ряду, часто возникают даже при сравнительно малой интенсивности движения и небольшой скорости транспортных средств. Пешеходы, стоящие у края проезжей части, переходят дорогу при появлении подходящих с их точки зрения промежутков между автомобилями.

Время ожидания зависит от возраста пешехода. Так, дети и подростки терпеливо ждут 20—25 с, взрослые — 10—15 с, пожилые люди — 18—20 с. Дети быстрее всех перебегают проезжую часть и выбирают самые большие промежутки. Если ожидание затягивается, то через 1,0—1,5 мин пешеходы любого возраста бросаются наперерез транспортному потоку, рискуя собственной безопасностью.

Расчетный анализ наезда на пешехода, появившегося из-за движущегося автомобиля, проводится в той же последовательности, что и анализ ДТП, рассмотренных выше. Однако необходимость учитывать движущиеся транспортные средства, ограничивавшие обзорность, требует дополнительных сведений об их скорости и расположении на проезжей части.

Такие сведения не всегда могут быть установлены с нужной точностью. Часто водители соседних автомобилей не останавливаются на месте ДТП, а

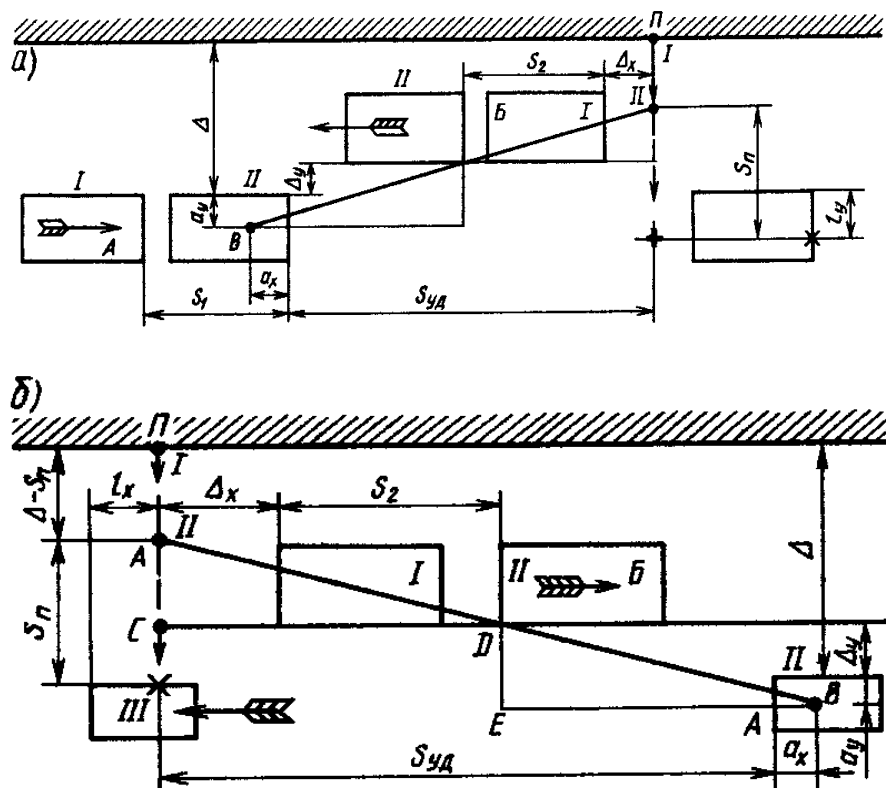
иногда и не знают о случившемся.

Нередко нельзя даже установить точно модель автомобиля, двигавшегося в соседнем ряду, и можно приблизительно судить лишь о типе автомобиля. Отсутствие точных исходных данных значительно затрудняет экспертное исследование подобных ДТП и снижает достоверность результатов расчета.

Наиболее значительны ошибки при расчете ДТП вариантов Б (наезд при замедленном движении автомобиля). Здесь расхождения результатов даже при небольших изменениях исходных данных могут достигать 50—80%. Поэтому рассмотрим лишь варианты А — наезд при равномерном движении.

2 Расчет наезда на пешехода при обзорности, ограниченной подвижным встречным препятствием.

На рисунке приведена расчетная схема для экспертного исследования наезда автомобиля А на пешехода, вышедшего из-за встречного автомобиля Б.



Показатели, относящиеся к автомобилю *A*, обозначены на схеме индексом 1, а относящиеся к автомобилю *B* — индексом 2.

Расстояние Δ_6 устанавливает следствие. По данным Д. Т. Петкова время между проездом автомобиля и началом движения пешехода зависит от его возраста:

Возраст пешехода, лет	5—10	10—15	15—18	
Время, с	1,45	1,40	1,10	
Возраст пешехода, лет	18—25	25—40	40—60	> 60
Время, с	0,95	0,98	1,58	1,8

Положение обоих автомобилей, соответствующее началу движения пешехода в опасной зоне, отмечено цифрой 1. **Некоторый промежуток времени пешеход движется по проезжей части позади автомобиля *B*, оставаясь невидимым для водителя автомобиля *A*. Оба автомобиля за это время переместятся в соответствии со своими скоростями: автомобиль *A* на расстояние S_1 , встречный автомобиль — на расстояние S_2 .**

Положение автомобилей в тот момент, когда пешеход станет видимым водителю автомобиля *A*, обозначено цифрой 2.

Расстояние между автомобилем *A* и линией следования пешехода в это время составляет $S_{уд}$.

Из подобия треугольников обзорности получаем

$$(S_{уд} + a_x - \Delta_x - S_2) (S_{п} - \Delta_y - l_y) = (\Delta_x + S_2) (\Delta_y + a_y).$$

Как пешеход, так и автомобили двигались равномерно, поэтому действительны следующие соотношения:

$$S_{п} = v_{п} S_{уд} / v_1;$$

$$S_2 = (\Delta + l_y - S_n) v_2 / v_n = (\Delta + l_y) v_2 / v_n - S_{yd} v_2 / v_1,$$

где Δ — расстояние от границы проезжей части до полосы движения автомобиля A .

Подставив значения S_n и S_2 в формулу, получаем:

$$\begin{aligned} & \frac{S_{yd} (1 + v_2 / v_1) - (\Delta + l_y) v_2 / v_n + a_x - \Delta_x}{\Delta_y + a_y} = \\ & = \frac{\Delta_x + (\Delta + l_y) v_1 / v_n - S_{yd} v_2 / v_1}{S_{yd} v_n / v_1 - \Delta_y - l_y}. \end{aligned}$$

Решение уравнения дает расстояние S_{yd} , после чего исследование предположительных версий не должно составлять трудностей.

На рисунке дана расчетная схема для аналогичного случая при ударе, нанесенном пешеходу боковой стороной автомобиля.

Подобие треугольников обзорности дает соотношения

$$(S_{yd} - \Delta_x + a_x - S_2) (S_n - \Delta_y) = (\Delta_x + S_2) (\Delta_y + a_y).$$

$$S_n = (S_{yd} + l_x) v_n / v_1;$$

$$S_2 = (\Delta - S_n) v_2 / v_n = \Delta v_2 / v_n - (S_{yd} + l_x) v_2 / v_1.$$

Уравнение для расчета расстояния видимости пешехода

$$\begin{aligned} & \frac{S_{vd} (1 + v_2 / v_1) + a_x - \Delta_x + v_2 (l_x / v_1 - \Delta / v_n)}{\Delta_y + a_y} = \\ & = \frac{\Delta_x + v_2 (\Delta / v_n - (S_{vd} + l_x) / v_1)}{(S_{yd} + l_x) v_n / v_1 - \Delta_y} \end{aligned}$$

Дальнейшие расчеты ведутся аналогично.

3 Расчет наезда на пешехода при обзорности, ограниченной подвижным попутным препятствием.

Попутные транспортные средства ограничивают обзорность либо при движении автомобилей в потоке, либо при обгоне, когда скорость одного автомобиля значительно выше скорости остальных автомобилей. Необходимость совместного использования проезжей части дорог и улиц транспортными средствами и пешеходами затрудняет вождение автомобилей и

приводит к возникновению опасных ситуаций.

Рассмотрим экспертизу наезда при обгоне, в процессе которого пешехода ударила передняя часть автомобиля.

Соотношение, вытекающее из подобия треугольников обзорности:

$$(S_{yd} + a_x - \Delta_x - S_2)(S_n - \Delta_y - l_y) = (\Delta_x + S_2)(\Delta_y + a_y),$$

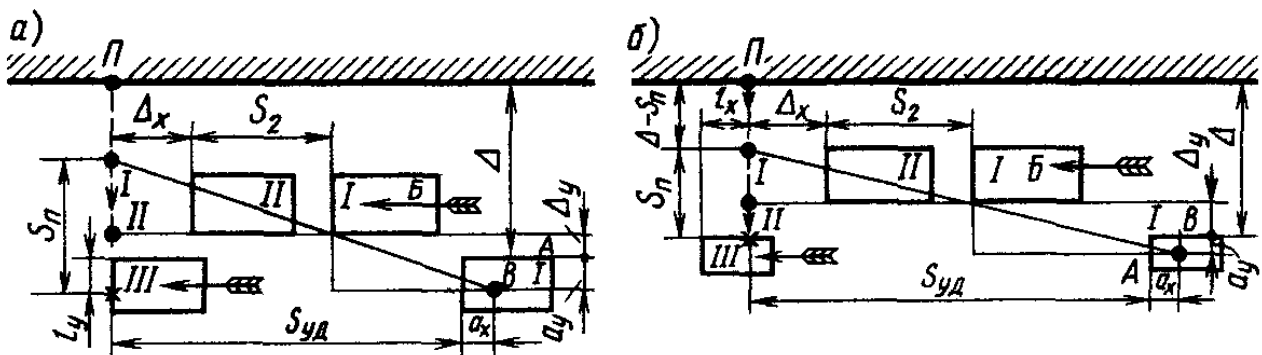
где S_2 — перемещение попутного автомобиля за время, необходимое пешеходу для того, чтобы уйти с полосы движения

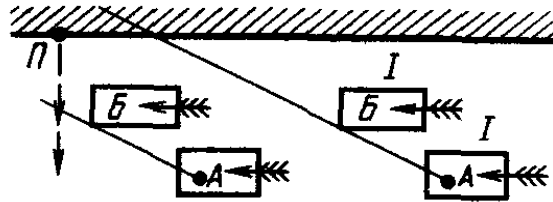
Кинематические соотношения записываются аналогично предыдущим случаям.

На основании этих выражений получаем формулу для определения расстояния видимости пешехода:

$$\begin{aligned} \frac{S_{yd}(1 - v_2/v_1) + a_x - \Delta_x + (\Delta_y + l_y)v_2/v_n}{\Delta_y + l_y} = \\ = \frac{S_{yd}v_2/v_1 + \Delta_x - (\Delta_y + l_y)v_2/v_n}{S_{yd}v_n/v_1 - \Delta_y - l_y}. \end{aligned}$$

Расстояние Δ_b между пешеходом и автомобилем Б нельзя назначать произвольно, так как от него в большой степени зависит значение S_{yd} . Указанный размер должен быть установлен следственным путем с максимальной точностью, так как даже небольшие изменения (на 1,0—2,0 м) могут привести к изменению S_{yd} в 2—3 раза. Это может отразиться на выводах эксперта.





В заключение рассмотрим наезд при обгоне, во время которого удар пешеходу нанесен боковой поверхностью автомобиля.

Геометрическое условие обзора и кинематические условия аналогичны предыдущему случаю с учетом величины l_x и отсутствия l_y .

Итоговое уравнение для определения расстояния $S_{уд}$:

$$\frac{S_{уд} (1 - v_2/v_1) + a_x - \Delta_x + (\Delta_y/v_n - l_x/v_1) v_2}{\Delta_y + a_y} =$$

$$= \frac{\Delta_x + (S_{уд} + l_x) v_2/v_1 - \Delta_y v_2/v_n}{(S_{уд} + l_x) v_n/v_1 - \Delta_y}$$

Следует предостеречь от распространенной ошибки, когда эксперты применяют полученные формулы для расследования наезда в насыщенном транспортном потоке, где автомобили движутся примерно с одинаковыми скоростями.

Лекция 12

Наезд на пешехода при ограниченной видимости.

1 Общая характеристика наезда на пешехода при ограниченной видимости.

Управляя автомобилем, водитель основную часть информации об окружающей обстановке получает благодаря своему зрению. Причиной многих ДТП является ухудшение видимости, когда водитель не успевает переработать поступившую информацию, пропускает ее или слишком поздно принимает правильное решение. **Видимость окружающей обстановки часто ухудшают осадки (дождь, снег, туман). В зимнее время обмерзают стекла автомобиля.** На грунтовых дорогах за автомобилем поднимаются облака пыли и водители задних автомобилей вынуждены снижать скорость или останавливаться во избежание ДТП. Многообразие факторов, обуславливающих ухудшение зрительной информации, затрудняет их исследование, снижает достоверность выводов экспертиз и эффективность мероприятий по борьбе с аварийностью.

Согласно статистике характер распределения числа ДТП, погибших и раненых по времени суток в нашей стране на протяжении ряда лет остается неизменным. Максимальное число ДТП и их жертв наблюдается в вечерние часы. **В ночное время интенсивность движения транспортных средств и пешеходов падает в 15—20 раз,** однако аварийность сокращается значительно меньше, а тяжесть ДТП возрастает. **Наибольший коэффициент тяжести (отношение числа убитых к числу раненых) отмечается в период 3—4 ч утра.**

Основной причиной повышения аварийности в ночное время является уменьшение поступающей к водителю информации об окружающей обстановке, чему способствуют следующие факторы:

- **неудовлетворительное освещение проезжей части, а для большинства дорог — полное его отсутствие;**
- **неудовлетворительное техническое состояние системы освещения**

транспортных средств;

- **повышенная утомляемость** водителя ночью.

Различные элементы дорожной обстановки водитель воспринимает по-разному, в связи с чем **в экспертной практике различают общую и конкретную видимость.**

Общая видимость — это возможность четко различать детали дорожной обстановки, облегчающие ориентирование водителя и позволяющие ему вести транспортное средство в соответствии с Правилами дорожного движения.

Конкретная видимость — это возможность четко опознать препятствие по его характерным признакам. Дальность общей видимости обычно больше дальности видимости препятствия.

Дальность видимости определяют экспериментально в условиях, максимально приближенных к условиям исследуемого ДТП.

2 Расчет наезда на пешехода при ограниченной видимости.

Рассмотрим наезд на пешехода, шедшего по полосе движения автомобиля параллельно ему.

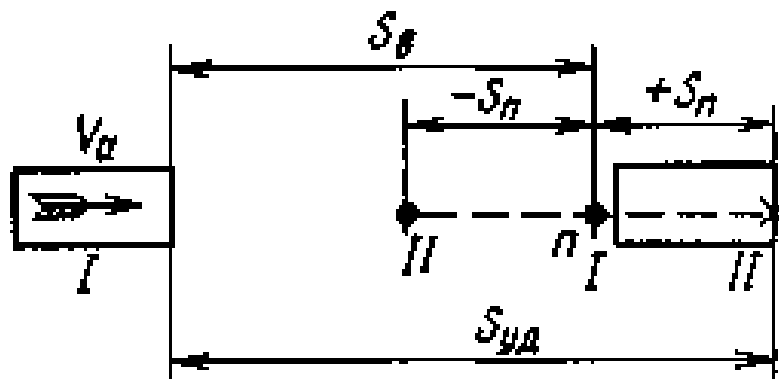


Рис 5.11 Схема наезда при равномерном движении автомобиля

Скорость автомобиля считаем постоянной. Согласно принятой выше классификации наездов при **встречном движении** пешехода угол α между векторами скоростей равен 180° (вариант А-V-2), а при **попутном движении** — нулю (вариант А-I-2).

Восстанавливая механизм наезда, при котором пешехода ударила передняя часть автомобиля, определим его положение в тот момент, когда водитель имел техническую возможность обнаружить пешехода на расстоянии конкретной видимости S_B (положение /). **При перемещении автомобиля со скоростью V_a пешеход проходит со скоростью $V_{п}$ путь $S_{п}$ в продольном направлении.** К моменту наезда встречный пешеход будет ближе к автомобилю, а попутный дальше (положение //).

Удаление автомобиля от места наезда

$$S_{yд} = S_B \pm S_{п} = S_B \pm S_{yд} v_{п} / v_a,$$

$$S_{yд} = S_B v_a / (v_a \pm v_{п})$$

Время движения пешехода

$$t_{п} = S_B / (v_a \pm v_{п}).$$

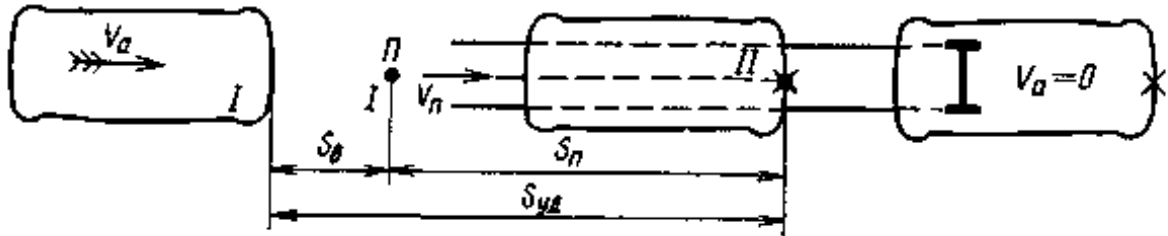
Верхний знак в этих формулах относится к наезду на попутного пешехода, а нижний — на встречного.

Что касается удара боковой частью, то при параллельном движении автомобиля и пешехода он, строго говоря, невозможен, так как контакт возможен только между пешеходом и передним углом автомобиля. Если во время ДТП пешеход ударился о боковую деталь автомобиля то либо автомобиль и пешеход двигались не параллельно, а под некоторым углом, хотя бы и небольшим, либо в процессе сближения автомобиля с пешеходом произошло поперечное смещение автомобиля или пешехода, приведшее к удару.

3 Расчет наезда на пешехода при ограниченной видимости в процессе торможения.

Схема наезда при свете фар в процессе замедленного движения

автомобиля показана на рисунке. Цифрой I обозначено положение автомобиля и пешехода в момент возникновения опасной дорожной обстановки, а цифрой II — в момент наезда.



Согласно этой схеме получаем удаления автомобиля:

$$S_{уд} = [S_0 v_a \pm (v_a - v_n)^2 v_n / (2j)] / (v_a \mp v_n).$$

В исследовании предположительных версий ДТП, рассматривающих возможные способы предотвращения наезда, в данном случае есть свои особенности.

Так, при наличии встречного пешехода на проезжей части остановкой автомобиля избежать наезда не удастся.

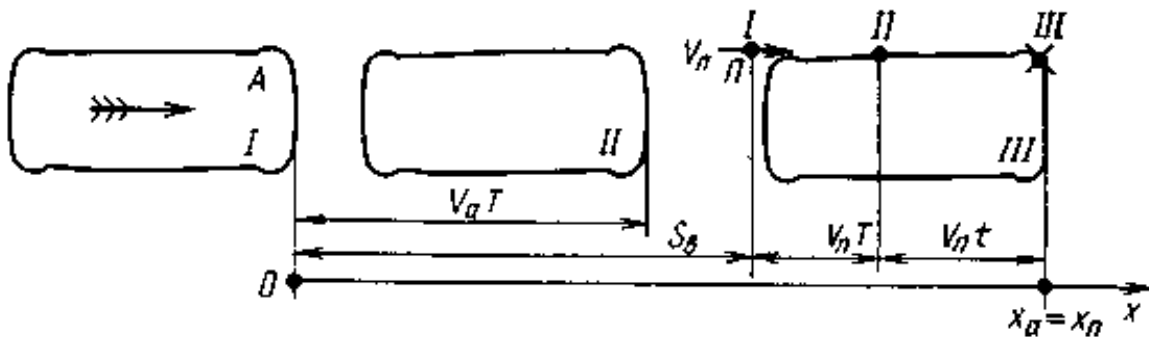
Необходимо, чтобы пешеход тоже остановился. Известны случаи, когда пешеход, набежав на остановившийся автомобиль, получал травмы, иногда довольно серьезные (вывих, перелом, потеря глаза и т. д.).

Однако в подобных случаях, видимо, правильнее квалифицировать случившееся не как ДТП, для которого характерно движение автомобиля, а как несчастный случай, такой же, как удар человека о стоящее дерево. Во всяком случае эксперт может констатировать, что водитель полностью использовал все технические меры, находившиеся в его распоряжении, для обеспечения безопасности.

Если пешеход двигался в попутном направлении, то остановка автомобиля

не обязательна. **Поскольку размеры пешехода не учитываем, то достаточно лишь снизить скорость автомобиля до значения скорости пешехода.**

Имеющиеся в литературе рекомендации по определению условий, при которых водитель может с помощью экстренного торможения избежать наезда на попутного пешехода, часто ошибочны. Авторы не учитывают, что в данном случае параметры движения автомобиля и пешехода взаимосвязаны, поэтому **нельзя, например, сравнивать остановочный путь с удалением автомобиля** (как это делали при исследовании поперечного наезда), так как для преодоления расстояний **необходимо различное время**, следовательно, различным должен быть и путь пешехода. Рассмотрим этот вопрос более подробно.



В момент возникновения опасной обстановки (положение I) расстояние конкретной видимости между автомобилем A и попутным пешеходом II равно S_B . При своевременном реагировании водителя на пешехода автомобиль за время T переместится на расстояние $v_a T$, а пешеход пройдет путь $v_n T$ (положение II). Затем автомобиль начнет двигаться с замедлением j любой момент времени T, отсчитываемого от начала торможения, координаты автомобиля и пешехода следующие:

$$x_a = v_a T + v_a t - j t^2 / 2, \quad x_n = S_B + v_n T + v_n t.$$

В момент наезда координаты равны, следовательно,

$$t^2 - 2 \Delta v t / j + 2 (S_B - \Delta v T) / j = 0,$$

где ΔV — разность скоростей.

Решение уравнения:

$$t = \Delta v / j \pm \sqrt{(\Delta v / j)^2 - 2 (S_B - \Delta v T) / j}$$

Различные варианты решения можно представить в виде диаграммы в координатах «путь — время».

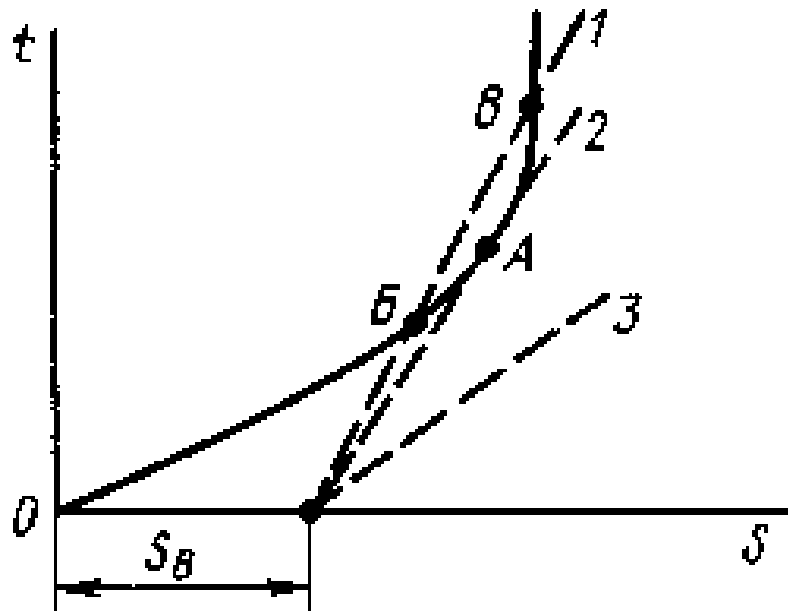


График движения автомобиля и пешехода

Если подкоренное выражение отрицательно, то уравнение имеет два комплексных корня, значит, автомобиль остановится, не догнав пешехода, и водитель мог избежать наезда (прямая 3). Если подкоренное выражение равно нулю, то уравнению (5.37) имеет один корень, а характеристики автомобиля и пешехода — одну общую точку А (прямая 2). Скорости автомобиля и пешехода в момент контакта равны, и сила удара будет минимальна. Если подкоренное выражение положительно, то имеются два действительных корня (точки пересечения B и B , прямая 1).

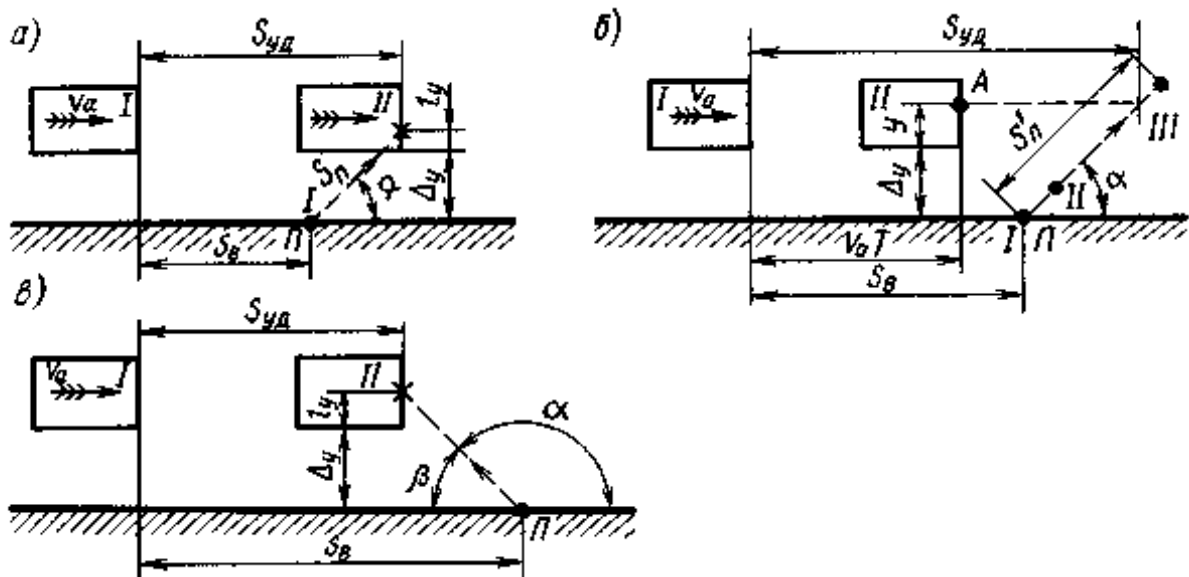
Практический смысл имеет меньшее из двух значений.

Лекция 13

Наезд на пешехода, движущегося под любым углом

1 Общая характеристика и расчет наезда на пешехода при ограниченной видимости.

Рассмотренные выше разновидности наезда — поперечный, попутный и встречный — являются частными случаями. Рассмотрим методику экспертного исследования наезда, при котором векторы скоростей автомобиля и пешехода пересекались под некоторым углом (рисунок а).



Автомобиль двигался без торможения и ударил пешехода торцевой частью. Обзорность и видимость неограниченны.

Пешеход от границы опасной зоны до наезда прошел путь

$$S_{п} = (\Delta_y + l_y) / \sin \alpha.$$

Автомобиль за это время переместился на расстояние

$$S_a = S_{п} v_a / v_{п} = (\Delta_y + l_y) v_a / (\sin \alpha v_{п}).$$

Время с момента возникновения опасной обстановки до наезда на пешехода в процессе ДТП

$$t_0 = (\Delta_q + \cdot t_0) / (v_n \sin \alpha).$$

Расстояние между автомобилем и пешеходом в момент возникновения опасной обстановки, измеренное по направлению движения автомобиля (расстояние конкретной видимости пешехода), согласно рисунку

$$S_B = S'_a - S_n \cos \alpha = (v_a - v_n \cos \alpha) t_0.$$

Своевременно применив экстренное торможение, водитель может обеспечить безопасность двумя способами:

- если скорость автомобиля уменьшится до курсовой составляющей пешехода;
- если за время торможения пешеход к моменту приближения автомобиля успеет уйти с его полосы движения.

2 Расчет наезда на пешехода при ограниченной видимости с применением торможения

Предположительную версию рассматриваемого ДТП иллюстрирует рисунок б. Если водитель начнет реагировать на пешехода в момент пересечения им границы опасной зоны (положение I), то за время T автомобиль продвинется на расстояние $V_a T$, а пешеход пройдет путь $V_n T$ (положение II). Затем **автомобиль начнет двигаться замедленно**. В некоторый момент времени t **перемещение точки II**, находящейся на расстоянии U от правой стороны автомобиля,

$$S'_a = v_a T + v_a t - j t^2 / 2.$$

Проекция пути, пройденного пешеходом через время t , на направление движения автомобиля

$$S'_n \cos \alpha = v_n \cos \alpha (T + t).$$

Если автомобиль, несмотря на торможение, **наедет на пешехода**, то

$$S'_a = S_B + S'_n \cos \alpha.$$

Подставив сюда значения пути, после преобразований имеем

$$t^2 - 2(v_a - v_n \cos \alpha) t/j + 2(v_a - v_n \cos \alpha)(t_n - T)/j = 0$$

Если решение этого уравнения дает комплексные корни, то контакт автомобиля с пешеходом **невозможен**: автомобиль остановится раньше, чем его передняя часть достигнет траектории пешехода. Следовательно, можно сделать вывод о том, что водитель, затормозив, мог избежать наезда на пешехода.

Если получим один корень, то скорость заторможенного автомобиля в момент контакта с пешеходом **снизится до курсовой составляющей** и сила удара будет относительно невелика.

Наконец, два действительных корня уравнения свидетельствуют о том, что **автомобиль** даже при своевременном торможении **не остановится** у линии следования пешехода, а пересечет ее с некоторой скоростью.

Однако наличие действительных корней еще не дает оснований для вывода о невозможности предотвратить наезд, так как автомобиль имеет ограниченные размеры, и пешеход мог уйти с полосы его движения за некоторое время.

3 Расчет наезда на пешехода при ограниченной видимости с применением торможения, дополнительное расследование

Возможность безопасного перехода проверяем следующим образом.

Путь пешехода в случае экстренного торможения автомобиля

$$S'_n = v_n (T + \tau_1).$$

Расстояние от правой габаритной стороны автомобиля до точки контакта его с пешеходом в предположительной версии ДТП

$$l'_y = v_n (T + \tau_1) \sin \alpha - \Delta_y.$$

Размер l'_y , не может быть меньше расстояния l'_y , так как время движения заторможенного автомобиля больше времени его равномерного движения. С другой стороны, максимальное значение этого размера с учетом безопасного интервала равно $B_a + \Delta_6$.

Следовательно, наезд неизбежен при условии $l_{ij} < l'_{ij} \leq B_a + \Delta_6$.

Если данное условие не выполнено и $l'_{ij} > B_a + \Delta_6$, то пешеход к моменту приближения к нему автомобиля уже находился бы вне полосы движения последнего. В этом случае можно сделать вывод о том, что **водитель мог избежать наезда на пешехода**, если бы своевременно затормозил.

4 Расчет наезда на пешехода при ограниченной видимости с применением торможения, дополнительное расследование при встречном косом столкновении

Уравнение, полученное далее можно применить и для исследования **косого встречного наезда**, при котором пешеход не удаляется от автомобиля, а приближается к нему.

В этом случае $90^\circ < \alpha < 180^\circ$. Однако, на практике удобнее использовать дополнительный угол рисунок в.

Уравнение принимает следующий вид:

$$t^2 - 2(v_a + v_n \cos \beta) t / j + 2(v_n + v \cos \beta) t_0 - T) / j = 0$$

Анализ результатов решения уравнения не должен представить затруднений.

При 90° приходим к варианту поперечного наезда, при 0 — попутного наезда, при 180° — встречного наезда.

Предположительную версию косого наезда можно также проанализировать, используя понятия остановочного пути и времени.

При варианте наезда *A-11-2* водитель в процессе ДТП не тормозил. Если бы он своевременно затормозил, то при снижении скорости автомобиля до безопасного предела, т. е. от v_a до $v_n \cos \alpha$, прошло бы время $t'_a = T + (v_a - v_n \cos \alpha) / j$.

Затормаживаемый автомобиль за это время переместился бы на расстояние

$$S'_a = v_a T + (v_a^2 - v_n^2 \cos^2 \alpha) / (2j).$$

Безопасность будет обеспечена при условии, что **скорость автомобиля снизится до безопасного предела** на пути, не превышающем удаление автомобиля:

$$S'_a - S'_n \cos \alpha \leq S_{\text{уд.}}$$

где $S'_n = v_n t'_a$ — путь пешехода в случае торможения автомобиля.

Подставив в последнее неравенство значения пути, получаем **условие сохранения безопасности**:

$$t_n - T > (v_a - v_n \cos \alpha) / (2j).$$

Смысл этого неравенства очевиден.

В левой части — промежуток времени, имеющегося в распоряжении водителя для снижения скорости.

В правой части — время, минимально необходимое для этого снижения, обусловленное обстоятельствами ДТП и техническими возможностями автомобиля.

Лекция 14

Методика анализа маневра автомобиля.

Виды маневров и их расчет при анализе ДТП.

1 Критические скорости автомобиля

Технической причиной ДТП может быть плохая устойчивость автомобиля.

Нарушения устойчивости автомобиля проявляются в произвольном изменении направления движения (рысканье), скольжении шин по дороге и опрокидывании.

Выезд автомобиля в соседний ряд, на встречную сторону проезжей части или за пределы дороги — наиболее частые последствия недостаточной устойчивости. Анализируя ДТП с подобными обстоятельствами, эксперты обычно **определяют критическую скорость автомобиля**, т. е. максимально возможную скорость, **при которой еще сохраняется устойчивое движение транспортного средства.**

При прямолинейном движении автомобиля показателем устойчивости является критическая скорость по условиям буксования ведущих колес. Так, при движении по горизонтальной дороге автомобиля с задним ведущим мостом

$$v_{\text{бук}} = \sqrt{G [a (\varphi_x + f) - fL] / [L - (\varphi_x + f) h_{\text{ц}}] W_{\text{в}}}$$

для автомобиля с передним ведущим мостом

$$v_{\text{бук}} = \sqrt{G [b (\varphi_x + f) - fL] / [L - (\varphi_x + f) h_{\text{ц}}] W_{\text{в}}}$$

Прямолинейное движение автомобиля практически наблюдается довольно редко.

В теории автомобиля известны формулы для определения **скорости, максимально допустимой по условиям поперечного скольжения и опрокидывания.** Если автомобиль движется накатом, то можно считать, что

продольные силы в контактах шин с дорогой отсутствуют и **все сцепление используется только в поперечном направлении**. Тогда критическая скорость автомобиля по условиям поперечного скольжения шин по дороге

$$v_{\text{ск}} = \sqrt{gR(\varphi_y \mp \text{tg}\beta_x)/(1 \pm \varphi_y \text{tg}\beta_x)}.$$

На дороге без поперечного уклона

$$v_{\text{ск}} = \sqrt{gR\varphi_y}.$$

Снижается критическая скорость по условиям поперечного скольжения за счет действия дополнительных сил

$$v_{\text{ск}} = \sqrt{gR(\varphi_y^2 - \chi^2)},$$

где χ — коэффициент тормозной (или тяговой) силы, равный отношению тормозной (или тяговой) силы к весу, приходящемуся на колесо.

Скорость, максимально допустимая по условиям опрокидывания автомобиля,

$$v_{\text{опр}} = \eta_{\text{кр}} \sqrt{BRg/(2h_u)},$$

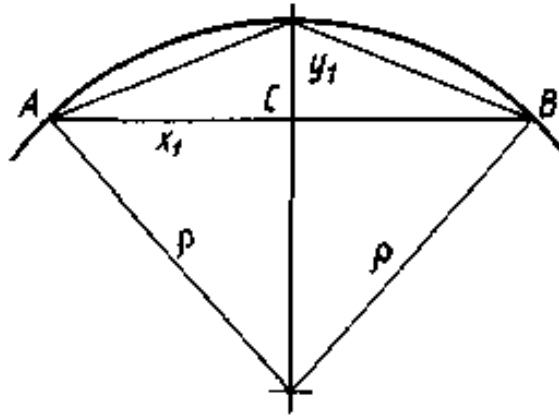
где $\eta_{\text{кр}}$ — коэффициент, учитывающий **поперечный крен** поддрессоренных масс (кузова) автомобиля на упругих элементах подвески под действием центробежной силы. Для легковых автомобилей 0,8...0,9, для грузовых автомобилей и автобусов 0,85...0,95.

2 Определение радиуса закругления и радиуса поворота

Расстояние R не следует отождествлять с радиусом закругления дороги r. Автомобиль может весьма круто повернуть на прямом участке дороги, а на закруглении дороги, напротив, двигаться прямолинейно.

Считать, что кривизна траектории заднего моста совпадала с кривизной дороги можно только в том случае, если водитель не совершал резких маневров и вел автомобиль параллельно оси дороги. **Радиус r определяют по планам**

местности, имеющимся в материалах дела. При определении его на месте ДТП нужно рулеткой наметить хорду АВ (рисунок) и на середине ее (в точке С) за- мерить высоту сегмента y_1 .



Тогда радиус закругления

$$\rho = (x_1^2 + y_1^2) / (2y_1),$$

Движение автомобиля по кривой постоянного радиуса также, как строго прямолинейное движение, является частным, предельным случаем и практически встречается редко.

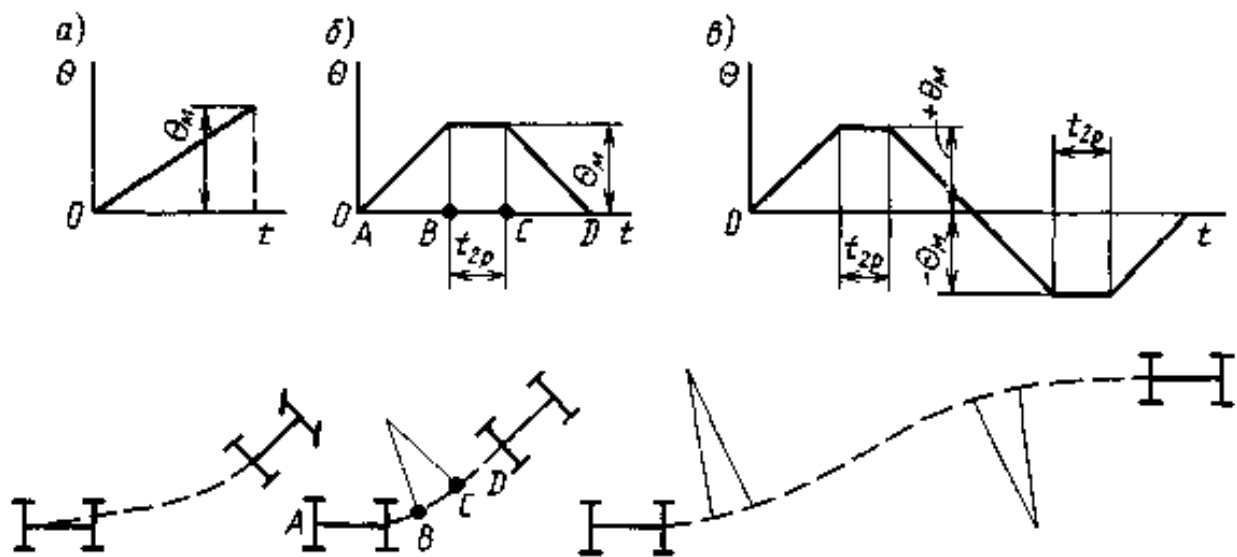
Гораздо чаще автомобиль движется по дуге переменного радиуса, уменьшающегося или увеличивающегося. Такие переходные кривые обязательно сопутствуют любому изменению направления движения. Автомобиль не может мгновенно перейти от прямолинейного движения к движению по дуге постоянной кривизны. Между этими двумя фазами всегда имеется движение по переходной кривой.

3 Виды маневров автомобиля

При возникновении опасной дорожной ситуации все участники движения должны принимать меры для ее ликвидации и предотвращения назревающего ДТП. Один из способов его предотвращения, которыми располагает водитель, заключается в объезде опасной зоны путем поворота рулевого колеса и смещения автомобиля в поперечном направлении.

В сложившейся экспертной практике возможность объезда до последнего времени рассматривалась довольно редко.

Наблюдения за дорожным движением свидетельствуют, что до 90% опасных ситуаций, возникающих на дороге, водители предотвращают не путем торможения, а при помощи маневра. В некоторых же случаях (например, при отказе тормозной системы) маневр является единственным средством сохранения безопасности.



а «вход в поворот», б — «вход — выход», в — «смена полосы движения»

Параметры	Тип маневра		
	«Вход в поворот»	«Вход—выход»	«Смена полосы движения»
τ_1 , с	$x_{\text{ч}}/v_a$	$x_{\text{ч}}/(2v_a)$	$x_{\text{ч}}/(4v_a)$
θ , рад/с	$gL\varphi_y/(v_a x_{\text{ч}})$	$2gL\varphi_y/(v_a x_{\text{ч}})$	$4gL\varphi_y/(v_a x_{\text{ч}})$
$x_{\text{ч}}$, м	$v_a \tau_1$	$2v_a \tau_1$	$4v_a \tau_1$
$y_{\text{ч}}$, м	$v_a^2 \theta \tau_1^3 / 6L =$ $= g\varphi_y x_{\text{ч}}^2 / (6v_a^2)$	$v_a^2 \theta \tau_1^3 / L =$ $= g\varphi_y x_{\text{ч}}^2 / (4v_a^2)$	$2v_a \theta \tau_1^3 / L =$ $= g\varphi_y x_{\text{ч}}^2 / (8v_a^2)$
$\gamma_{\text{ч}}$, рад	$v_a \theta \tau_1^2 / (2L) =$ $= g\varphi_y x_{\text{ч}} / (2v_a^2)$	$v_a \theta \tau_1^2 / L =$ $= g\varphi_y x_{\text{ч}} / (v_a^2)$	0

Чтобы приблизить результаты расчетов к экспериментальным данным, воспользуемся поправочным эмпирическим коэффициентом маневра, который показывает, во сколько раз фактический путь маневра больше теоретического пути, вычисленного по формулам: $K_m = x_{\phi} / x_{\text{т}} > 1$.

Введение коэффициента маневра наряду с интервалом безопасности, с одной стороны, компенсирует недостатки расчетной модели, а с другой — различие в приемах управления у водителей, имеющих разную квалификацию и уровень водительского мастерства.

Коэффициент маневра

$$K_m = a_m + b_m v_a,$$

где a_m и b_m — эмпирические коэффициенты, зависящие от состояния дорожного покрытия:

Сухой асфальтобетон ($\varphi_r = 0,7 \dots 0,8$)	1,12	0,0050
Мокрый асфальтобетон ($\varphi_r = 0,35 \dots 0,45$)	1,05	0,0050
Обледенелое ($\varphi_r = 0,1 \dots 0,2$)	1,0	0,0035

4 Объезд пешехода автомобилем в аварийной ситуации

Экспертное исследование возможности предотвращения наезда на пешехода осложнено отсутствием обоснованных данных по поведению пешехода в опасной ситуации.

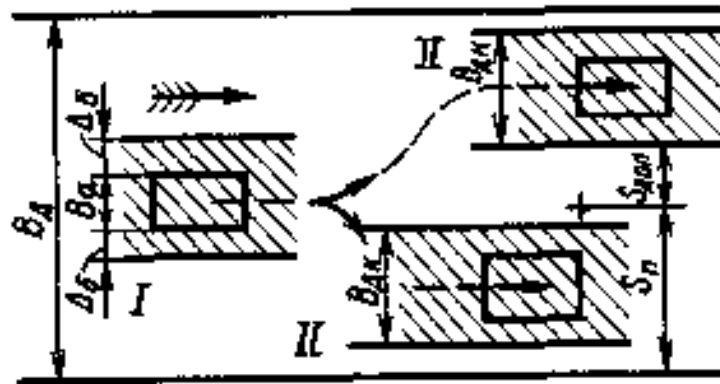
Определим возможность безопасного объезда пешехода, двигавшегося перпендикулярно движению автомобиля.

Все расчеты проведем применительно к маневру типа «смена полосы движения» как имеющему наибольшее практическое значение.

Вначале рассмотрим, возможно ли выполнить маневр исходя из дорожной обстановки на месте ДТП.

На рисунке цифрой I отмечены положения автомобиля и пешехода в момент возникновения опасной обстановки, крестом указано положение места наезда. Цифрами II показаны положения автомобиля и пешехода в случае

применения объезда спереди («с лица»).



За время проезда автомобиля мимо пешехода последний, продолжая движение, дополнительно прошел бы вперед путь, равный $S_{доп}$. Если удар пешеходу был нанесен боковой частью автомобиля, то это **дополнительное перемещение пешехода**

$$S_{доп} = (L_a - l_x)v_p/v_a.$$

Если пешехода ударила передняя торцовая часть автомобиля, то

$$S_{доп} = L_a v_p/v_a.$$

Ограничение возможности выполнения маневра, накладываемое дорожными условиями:

при объезде сзади

$$B_{дк} \leq S_n;$$

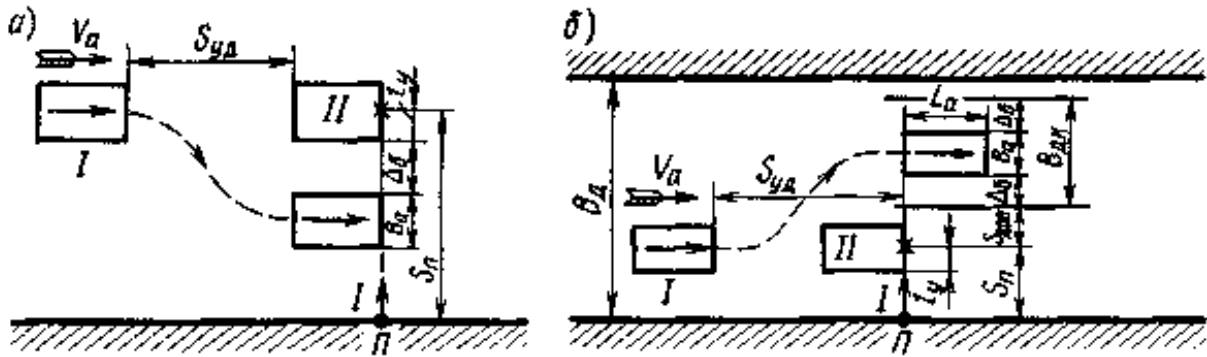
при объезде спереди

$$B_{дк} \leq B_d - S_n - S_{доп},$$

где B_d — ширина проезжей части в зоне наезда.

Если условия не выполняются вследствие недостаточной ширины проезжей части или короткого пути, пройденного пешеходом до наезда, то **вопрос о возможности объезда пешехода отпадает**, поэтому проверку дорожных условий следует проводить в самом начале экспертного исследования маневра.

Если удар пешеходу нанесла передняя поверхность автомобиля, то можно рекомендовать такую последовательность расчета.



1. Минимальный безопасный интервал.
2. Ширина динамического коридора.
3. Коэффициент маневра K_m — формула.
4. Условия возможности выполнения маневра с учетом дорожной обстановки: при объезде сзади и спереди.

5. Поперечное смещение автомобиля, необходимое для безопасного объезда пешехода сзади,

$$y_m = B_a + \Delta\delta - l_f; \quad \text{спереди} \quad y_m = \Delta\delta + l_f + S_{доп}.$$

6. Продольное перемещение автомобиля, теоретически необходимое для его смещения в поперечном направлении, согласно формуле

$$x_m = \sqrt{8v_a^2 y_m / (g\varphi_y)}.$$

7. Перемещение автомобиля в продольном направлении, фактически необходимое для выполнения маневра при объезде пешехода, $x_{\phi} = x_m K_m$.

8. Удаление автомобиля от места наезда на пешехода в момент возникновения опасной обстановки $S_{уд} = S_n v_a / v_n$.

9. Условие безопасного объезда пешехода

$$x_{\phi} \leq S_{уд} - S_1 - S_{2p} = v_a (S_n / v_n - t_1 - t_{2p}).$$

Лекция 15

Положения теории удара.

Методика анализа наезда автомобиля на неподвижное препятствие.

1 Положения теории удара.

Вместе с ростом автомобильного парка и плотности транспортных потоков увеличивается число столкновений автомобилей и их наездов на неподвижные препятствия. В некоторых странах на эти виды ДТП приходится до 50% всех происшествий.

Происшествия, связанные со столкновением автомобилей и их наездом на неподвижное препятствие, имеют много общего. **В процессе столкновений и наездов автомобили, пассажиры и водители подвергаются воздействию ударных нагрузок, действующих в течение короткого промежутка времени, но весьма значительных. В теоретической механике ударом называют процесс взаимодействия тел, при котором за бесконечно малый промежуток времени скорости изменяются до конечного значения.** Силы, действующие на соприкасающиеся тела при ударе, настолько велики, что остальными силами можно пренебречь.

Человек может выдержать без вреда кратковременную перегрузку (в течение 0,05—0,10 с) около 40—50g. Некоторые водители считают, что смогут уменьшить силу удара при встречном столкновении, опираясь на рулевое колесо. Ошибочность такого мнения станет ясной, если сравнить силу инерции, действующую на водителя при лобовом ударе (8—10 кН), с мускульными усилиями рук (0,6—0,8 кН) и ног (1,0—1,5 кН).

Процесс удара принято разделять на две части. Первая фаза продолжается от момента соприкосновения тел до момента их наибольшего сближения. Вторая фаза продолжается от конца первой фазы до момента разъединения тел.

Во время первой фазы кинетическая энергия тел переходит в механическую энергию разрушения и деформаций деталей, а также в потенциальную энергию и тепло. **Во второй фазе удара** потенциальная энергия упругих частей, деформированных в процессе сближения тел, вновь переходит в кинетическую энергию, способствуя разъединению тел. При столкновении автомобилей и их наезде на неподвижное препятствие **длительность** первой фазы составляет **0,05—0,10 с**, а второй — **0,02—0,04 с**.

Потерю энергии при ударе оценивают с помощью **коэффициента восстановления** $K_{уд}$, представляющего собой **отношение** относительных **скоростей** тел перед ударом и после него:

$$K_{уд} = \frac{(v'_2 - v'_1)}{(v_1 - v_2)},$$

где v_1 и v_2 — скорости тел до удара;

v'_1 и v'_2 — скорости тех же тел после удара.

При $K_{уд} = 0$ - удар **абсолютно неупругий**, при $K_{уд} = 1$ — **абсолютно упругий**. Как абсолютно упругих, так и абсолютно неупругих тел в природе не существует, поэтому всегда $0 < K_{уд} < 1$. Коэффициент $K_{уд}$ определяют экспериментально. Примерные его значения при ударах некоторых материалов таковы:

Алюминий об алюминий	0,23	Сталь о сталь	0,70
Бронза о бронзу	0,40	Полистирол о сталь	0,95
Чугун о чугун	0,60		

При изучении удара формулу $K_{уд}$ обычно применяют совместно с **уравнением количества движения системы**:

$$m_1 v_1 + m_2 v_2 = m_1 v'_1 + m_2 v'_2,$$

где m_1 и m_2 — массы тел.

Если коэффициенты восстановления соударяющихся тел равны ($K_{уд1} = K_{уд2} = K_{уд}$), то, зная скорости v'_1 и v'_2 после удара, можно найти **начальные значения скоростей**:

$$v_1 = [(m_1 v'_1 + m_2 v'_2) K_{уд} - m_2 (v'_2 - v'_1)] / [(m_1 + m_2) K_{уд}];$$

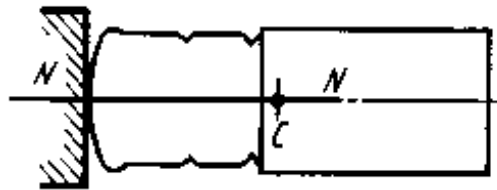
$$v_2 = [(m_1 v'_1 + m_2 v'_2) K_{уд} - m_1 (v'_2 - v'_1)] / [(m_1 + m_2) K_{уд}].$$

По данным американского **Общества инженеров-автомобилистов (SAE)**, значение $K_{уд}$ при **встречных столкновениях легковых автомобилей** находится в пределах **0...0,089**, что позволяет расценивать такие столкновения как абсолютно неупругие. Немецкий исследователь Р. Эберан считает, что $K_{уд}$ **зависит от относительной скорости** соударяющихся автомобилей, составляя при **8,3 м/с** примерно **0,7**, а при **15 м/с** — **около 0,1**. В нашей стране исследование для автомобилей проведено А.В. Арутюняном. Экспериментальные наезды автомобилей **ГАЗ-21 «Волга»** на неподвижное жесткое препятствие (железобетонный куб) дали значения $K_{уд} = 0,11-0,17$.

2 Методика анализа наезда автомобиля на неподвижное препятствие.

Наезд автомобиля на неподвижное абсолютно жесткое препятствие может сопровождаться **центральной или внецентровой ударом**.

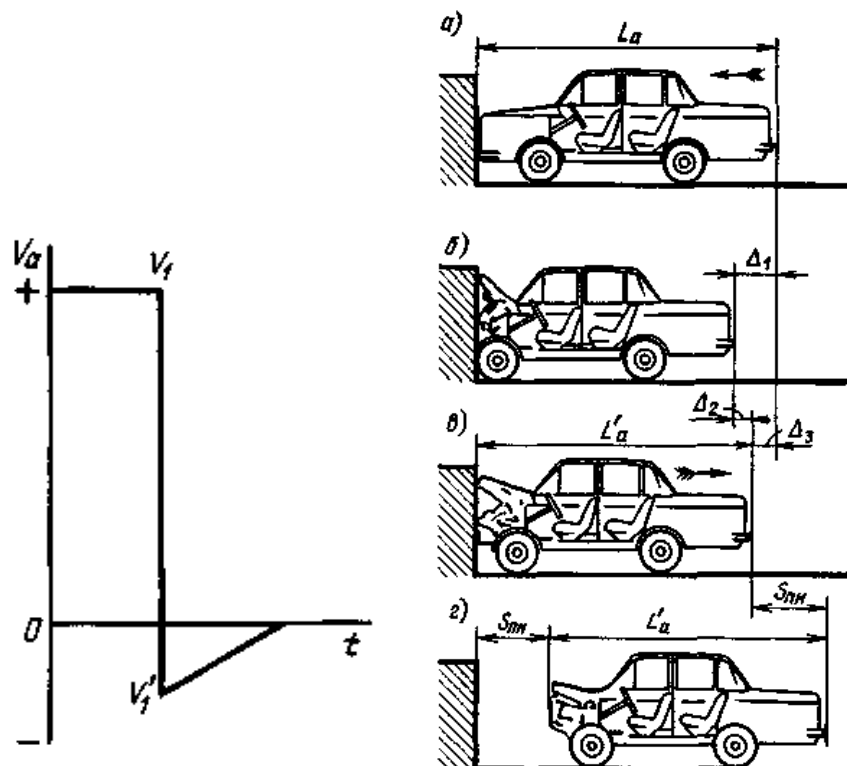
При центральном ударе нормаль к поверхностям препятствия и автомобиля в точке их первоначального контакта проходит через центр тяжести автомобиля.



Если масса и жесткость неподвижного препятствия достаточно велики, а разрушение его вследствие наезда незначительно (стена дома, опора моста, мачта линии высоковольтной электропередачи), то можно считать $K_{уд2} = 0$.

До наезда на препятствие автомобиль может двигаться равномерно или замедленно.

Если скорость была сравнительно большой, то при ударе возможно смещение двигателя и коробки передачи назад. Это вызывает заклинивание карданной передачи, вследствие чего блокируются задние колеса. К передним колесам после наезда на препятствие обычно прижаты смятые крылья, брызговики, бампер и другие детали, поэтому передние колеса также блокируются. В результате автомобиль, двигавшийся до наезда с большой скоростью, перемещается назад, как правило, с заблокированными колесами.



Процесс удара автомобилей весьма сложен. Различные детали автомобиля имеют при ударе разные скорости и перемещения и даже его центр тяжести меняет свое положение вследствие деформации деталей и смещения узлов и агрегатов.

Процесс наезда на неподвижное препятствие иллюстрирует рисунок.

В начальный момент контакта с препятствием общая длина автомобиля L_a .

В результате смятия передней части автомобиль сближается с препятствием, деформация достигает максимума и составляет Δ_1 .

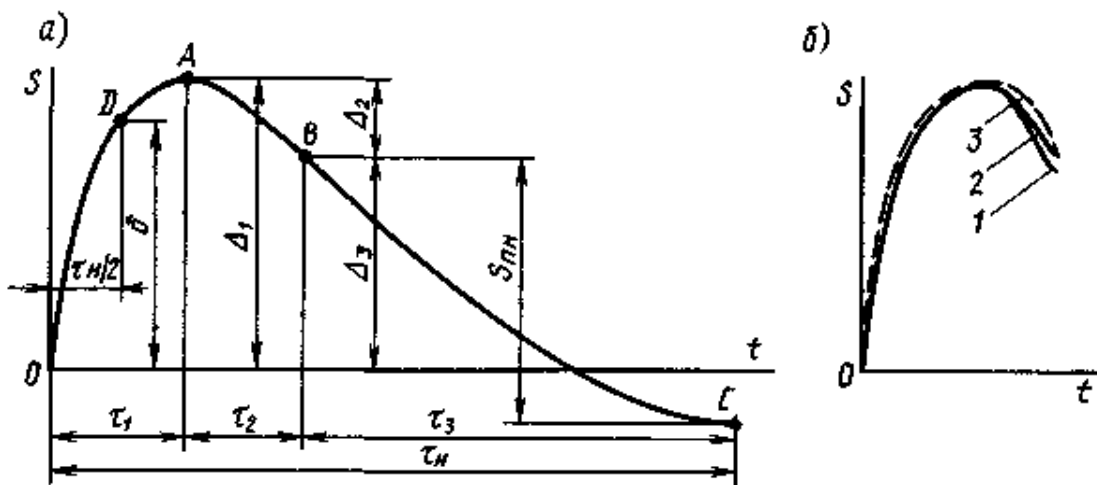
Затем детали, сжатые при ударе, частично распрямляются под действием

сил упругости, и автомобиль начинает двигаться в обратном направлении. В момент отделения от препятствия длина автомобиля L'_a .

После отделения от препятствия автомобиль, двигаясь замедленно, откатывается на расстояние $S_{\text{от}}$.

Разность размеров $L_a - L'_a$ характеризует **остаточную деформацию** Δ_3 , а разность $\Delta_1 - \Delta_3$ представляет собой **упругую деформацию** Δ_2 .

Коэффициентом упругости автомобиля называют отношение максимальной деформации и остаточной $K_{\text{уп}} = \Delta_1 / \Delta_3$



Экспериментальный график «время — перемещение» при наезде автомобиля на неподвижное препятствие (три фазы).

Последовательность расчета по деформации автомобиля такова.

1. **Остаточная деформация** передней части автомобиля

$$\Delta_3 = L_a - L'_a.$$

2. **Полная деформация** передней части

$$\Delta_1 = \Delta_3 K_{\text{уп}}.$$

3. **Упругая деформация** передней части

$$\Delta_2 = \Delta_1 - \Delta_3 = \Delta_3 (1 - K_{\text{уп}}).$$

4. **Скорость** автомобиля в момент его отделения от препятствия (вторая фаза)

$$\ddot{x} = \Delta_2 (n_2^2 + \omega_2^2) e^{-n_2 t} \sin(\omega_2 t) / \omega_2,$$

$$\omega_2 = \sqrt{\frac{K_2}{m} - \left(\frac{\mu_2}{2m}\right)^2}, \quad n_2 = \frac{\mu_2}{2m},$$

где K_2 - жесткость корпуса автомобиля во второй фазе; m - масса автомобиля; μ_2 - коэффициент вязкого трения автомобиля во второй фазе.

5. **Начальная скорость автомобиля, если водитель перед наездом не тормозил,**

$$v_a = v'_a / K_{va}$$

Если водитель применил торможение и на покрытии оставлены следы юза

$$v_a = \sqrt{2S_{\text{юз}} + (v'_a / K_{va})^2}$$

При известной длине пути отката расчеты более просты.

1. Скорость автомобиля в момент его отделения от препятствия

$$v'_a = \sqrt{2S_{\text{пн/от}}}$$

2. Начальная скорость автомобиля при наезде без торможения

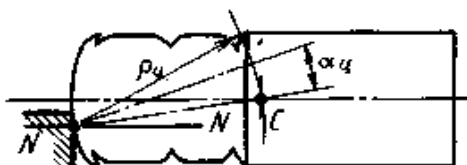
$$v_a = v'_a / K_{va}$$

Если водитель применил торможение и на покрытии оставлены следы юза

$$v_a = \sqrt{2S_{\text{юз}} + (v'_a / K_{va})^2}$$

Чтобы количественно оценить результаты повреждений иногда определяют объем деформированной части автомобиля. Вычислив энергию необходимую для такого разрушения.

При внецентренном ударе автомобиль поворачивается в горизонтальной плоскости на некоторый угол. **Центр его тяжести перемещается по дуге**, а шины скользят по покрытию в поперечном направлении. Считая, что **вся кинетическая энергия перешла в работу трения шин**



$$mv_a^2/2 = Gq_{\mu}S_{\text{ш}} = Gq_{\mu}\alpha_{\text{ш}}\rho_{\text{ш}}, \quad v_a = \sqrt{2gq_{\mu}\alpha_{\text{ш}}\rho_{\text{ш}}}$$

Лекция 16

Столкновение автомобилей.

Методика анализа наезда автомобиля на стоящий автомобиль.

1 Общая характеристика и классификация столкновений автомобилей

Положение места столкновения автомобилей на проезжей части определяют исходя из показаний участников и очевидцев ДТП. Однако свидетельские показания, как правило, неточны, кроме того, свидетелей ДТП может не быть.

Данными, позволяющими эксперту определить расположение места столкновения на проезжей части, могут быть:

- сведения о следах, оставленных транспортными средствами в зоне столкновения (следы качения, продольного и поперечного скольжения шин по дороге, царапины и выбоины на покрытии от деталей транспортных средств);

- данные о расположении разлившихся жидкостей (воды, масла, антифриза, тосола), скопления осколков стекол и пластмасс, частиц пыли, грязи, осыпавшихся с нижних частей транспортных средств;

- информация о следах, оставленных на проезжей части предметами, отброшенными в результате удара, свалившимся грузом или деталями, отделившимися от транспортных средств;

- характеристика повреждений, полученных транспортными средствами в процессе столкновения;

- расположение транспортных средств на проезжей части после ДТП.

Из перечисленных исходных данных наибольшую информацию для эксперта дают следы шин на дороге.

В период между столкновением и осмотром места ДТП такие следы обычно изменяются незначительно. Остальные признаки характеризуют положение места столкновения лишь приблизительно, а некоторые из них могут

даже за сравнительно короткий промежуток времени измениться, иногда существенно.

Детали кузова, ходовой части и трансмиссии автомобиля, разрушившиеся от удара, **могут оставить на покрытии следы** в виде выбоин, борозд или царапин. **Начало этих следов расположено, как правило, недалеко от мест, столкновения.**

В ряде случаев на **детали автомобиля, повредившей покрытие, остаются частицы его массы.** Идентификация этих частиц позволяет уточнить деталь, соприкоснувшуюся с покрытием

После столкновения транспортных средств на дороге в зоне ДТП почти всегда остаются сухие частицы осыпавшейся земли, засохшей грязи, пыли Место расположения этих частиц довольно точно совпадает с местом положения во время столкновения детали, на которой находилась земля.

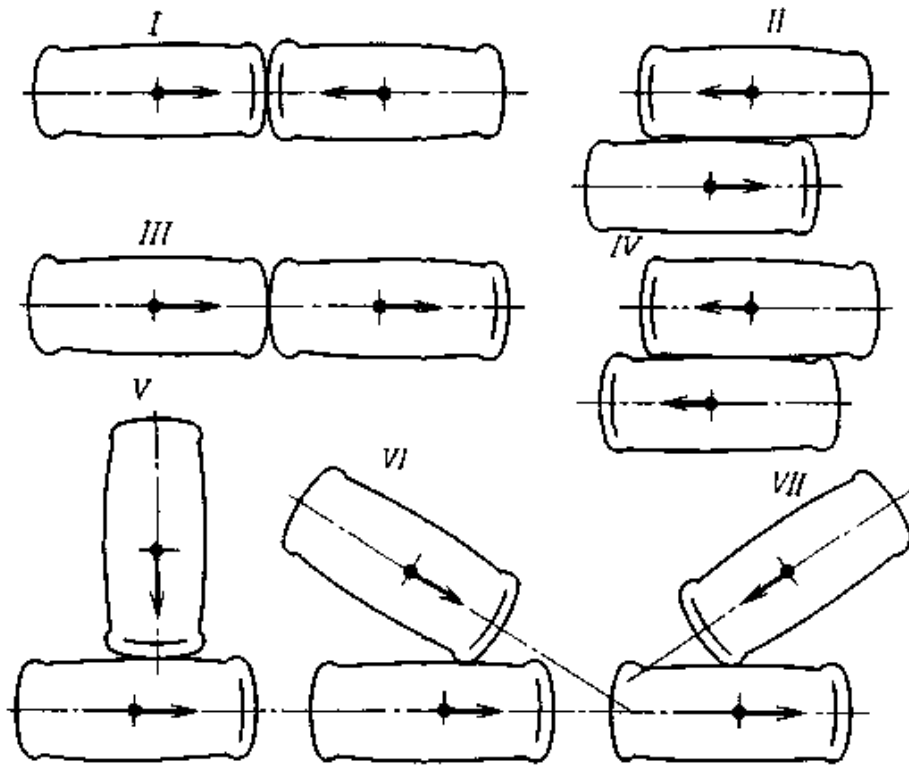
В зоне ДТП, как правило, остается много признаков, каждый из которых по-своему характеризует положение места столкновения. Однако **ни один из этих признаков, взятый в отдельности, не может служить основанием для окончательного вывода.** Только комплексное исследование всей совокупности сведений позволяет эксперту решить с нужной точностью поставленные перед ним задачи

Классификация столкновений автомобилей.

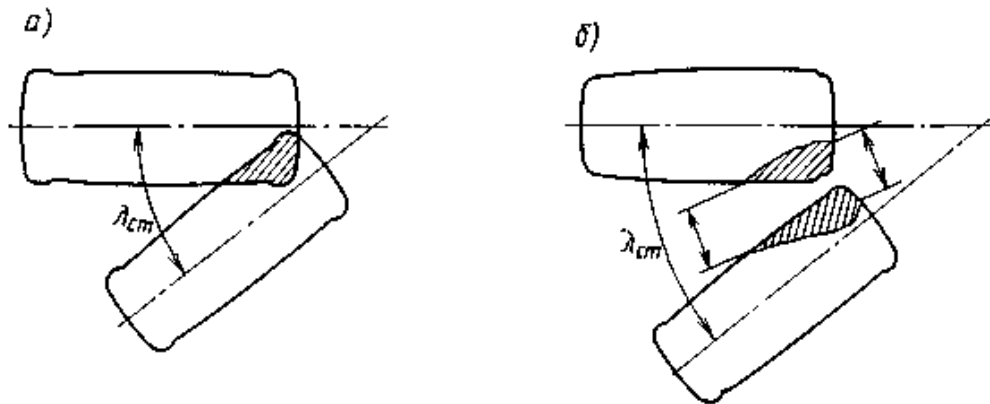
Все многообразие столкновений транспортных средств в зависимости от угла столкновения между векторами их скоростей можно разделить на несколько видов.

При $\lambda_{ст} \approx 180^\circ$ столкновение называют встречным, а при $\lambda_{ст} \approx 0$, когда автомобили движутся параллельными или близкими к ним курсами,— попутным.

При $\lambda_{ст} \approx 90^\circ$ столкновение именуют перекрестным, а при $0 < \lambda_{ст} < 90^\circ$ и при $90^\circ < \lambda_{ст} < 180^\circ$ — косым.



Виды столкновений



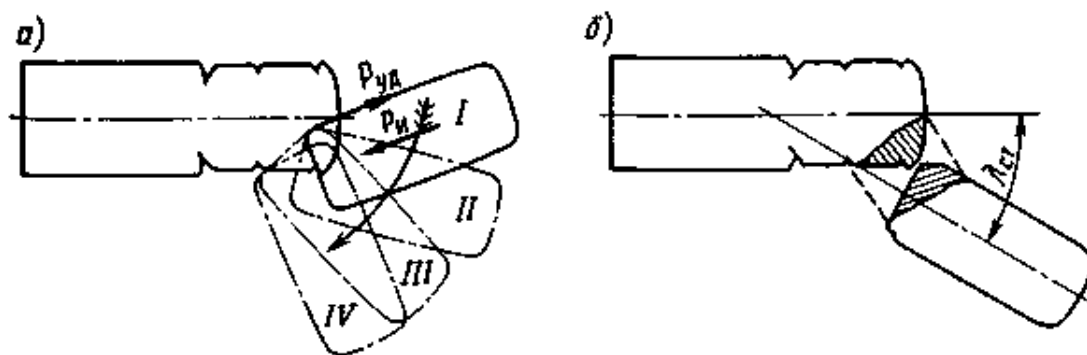
Определение угла столкновения

Если нагрузка действует на торцовые поверхности автомобилей, то удар называют прямым; если же она приходится на боковые стороны,—скользящим.

Положение автомобилей в момент удара часто определяют путем следственного эксперимента по деформациям, возникшим в результате столкновения. Для этого поврежденные автомобили располагают как можно ближе друг к другу, стараясь совместить участки, контактировавшие при

ударе. Если это не удастся сделать, то автомобили располагают так, чтобы границы деформированных участков были расположены на одинаковых расстояниях друг от друга.

Эти методы дают хорошие результаты при экспертизе встречных перекрестных столкновений, когда контактирующие участки автомобилей в процессе удара не имеют относительного перемещения. При косых и угловых столкновениях, несмотря на незначительную продолжительность удара, автомобили перемещаются друг относительно друга. Это приводит к проскальзыванию контактирующих частей и дополнительным их деформациям. В качестве примера на рисунке, а показано внецентренное столкновение легкового и грузового автомобилей.



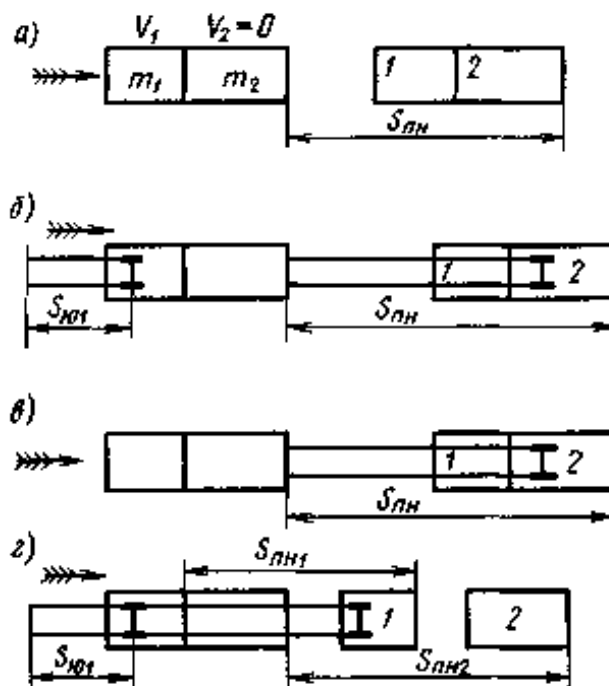
Внецентренное столкновение автомобилей:

а — процесс столкновения; б — неправильное определение угла

Иногда угол столкновения определяют по фотографиям поврежденных транспортных средств. Этот способ дает хорошие результаты только в том случае, когда снимки разных сторон автомобиля сделаны под прямым углом с одного и того же расстояния.

Скользкие столкновения сопровождаются небольшой потерей кинетической энергии при сравнительно значительных разрушениях и деформациях кузова. Если водители перед столкновением не тормозили, то они могут далеко разъехаться от места столкновения.

2 Методика анализа наезда автомобиля на стоящий автомобиль.



а) Не заторможены оба автомобиля, и после удара они катятся свободно с начальной скоростью.

Уравнение кинетической энергии при этом

$$(m_1 + m_2) (v'_1)^2 / 2 = (m_1 + m_2) g \psi_{\text{тв}} S_{\text{пн}},$$

(перемещение автомобилей после удара; коэффициент суммарного сопротивления движению).

Следовательно,

$$v'_1 = \sqrt{2g\psi_{\text{тв}} S_{\text{пн}}}.$$

Кроме того, при $v_2 = 0$ и $v'_1 = v'_2$ скорость автомобиля перед ударом

$$v_1 = (m_1 + m_2)v'_1 / m_1.$$

б) Оба автомобиля заторможены, после удара перемещаются совместно на расстояние $S_{\text{пн}}$ с начальной скоростью v'_1 .

Скорость автомобилей после удара

$$v_1' = \sqrt{2g\varphi_1 S_{пн1}}$$

Скорость первого автомобиля в момент удара

$$v_1 = (m_1 + m_2)v_1'/m_1.$$

Скорость первого автомобиля в начале тормозного пути

$$v_{a1} = \sqrt{2g\varphi_1 S_{ю1} + (v_1')^2},$$

где $S_{ю1}$ — длина следа юза первого автомобиля перед ударом.

Скорость первого автомобиля перед началом торможения

$$v_a = 0,5t_3 g \varphi_1 + v_{a1}$$

в) Заторможен стоящий автомобиль 2, автомобиль 1 не заторможен.

Оба автомобиля после удара перемещаются на одно и то же расстояние $S_{пн}$ с начальной скоростью v_1' . Уравнение кинетической энергии в этом случае:

$$\begin{aligned} \times (v_1')^2 / 2 &= (m_1 \varphi_{1в} + m_2 \varphi_{1г}) g S_{пн}, \text{ откуда } (m_1 + m_2) \times \\ v_1' &= \sqrt{2g(m_1 \varphi_{1г} S_{пн} + m_2 \varphi_{1в} S_{пн}) / (m_1 + m_2)} \end{aligned}$$

г) Стоящий автомобиль 2 не заторможен.

Задний автомобиль 1 перед ударом в заторможенном состоянии переместился на расстояние $S_{ю1}$. После удара перемещение автомобиля 1 равно $S_{пн1}$, а перемещение автомобиля 2 — $S_{пн2}$.

Аналогично предыдущим случаям

$$v_1' = \sqrt{2g(m_1 \varphi_{1г} S_{пн1} + m_2 \varphi_{2в} S_{пн2}) / (m_1 + m_2)}$$

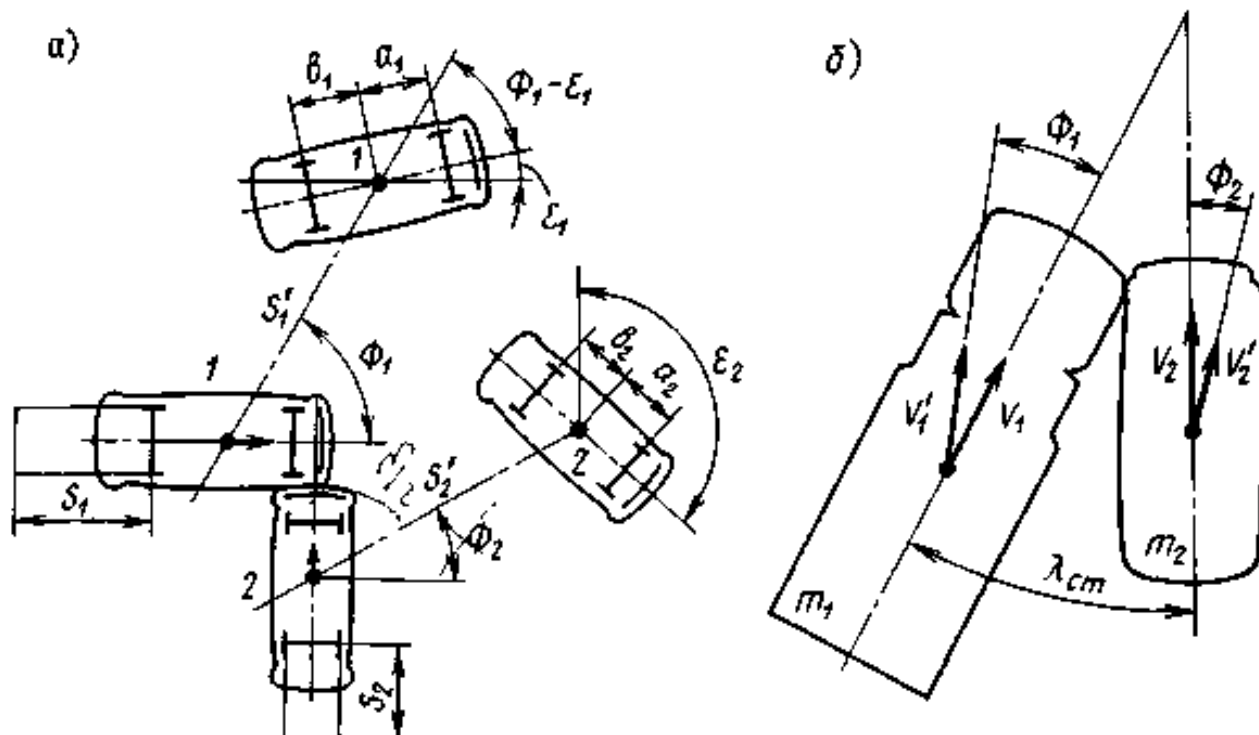
Применить эту методику для анализа встречного или попутного столкновения, при котором двигались оба автомобиля, возможно только, если следствием или судом установлена скорость одного из автомобилей.

Лекция 17 (заключительная)

Методика анализа столкновения автомобилей под углом.

При перекрестном столкновении (рисунок) оба автомобиля обычно совершают сложное движение, так как в результате каждый из автомобилей начинает вращаться около своего центра тяжести.

Центр тяжести в свою очередь перемещается под некоторым углом к первоначальному направлению движения. Пусть водители автомобилей 1 и 2 перед столкновением тормозили, и на схеме зафиксированы тормозные следы S_1 и S_2 .



Схемы столкновения автомобилей

а - перекрестного, б — косоого.

После столкновения центр тяжести автомобиля 1 переместился на расстояние $S'1$ под углом Φ_1 , а центр тяжести автомобиля 2 — на расстояние $S'2$ под углом Φ_2 .

Все количество движения системы можно разложить на две составляющие в соответствии с первоначальным направлением движения автомобилей. Поскольку количество движения в каждом из указанных направлений не изменится, то:

$$\begin{aligned} m_1 V_1 &= m_1 V'_1 \cos \Phi_1 + m_2 V'_2 \sin \Phi_2 \\ m_2 V_2 &= m_1 V'_1 \sin \Phi_1 + m_2 V'_2 \cos \Phi_2 \end{aligned}$$

где v'_1 и v'_2 — скорости автомобилей 1 и 2 после удара

Эти скорости можно найти, предположив, что кинетическая энергия каждого автомобиля после удара перешла в работу трения шин по дороге во время поступательного перемещения и поворота вокруг центра тяжести.

Работа трения шин на дороге при поступательном движении автомобиля 1

Скорость автомобиля 1 после столкновения

$$v'_1 = \sqrt{2g\varphi_1(S_{\text{пн1}} + 2a_1b_1\varepsilon_1/L')}$$

Точно так же находим **скорость автомобиля 2** после столкновения

$$v'_2 = \sqrt{2g\varphi_2(S_{\text{пн2}} + 2a_2b_2\varepsilon_2/L'')},$$

где L'' и ε — соответственно база и угол поворота автомобиля; a и b — расстояния от переднего и заднего мостов автомобиля до его центра тяжести.

Подставив эти значения, определим скорость автомобиля 1

$$v_1 = [\sqrt{2g\varphi_1}(m_1 \cos \Phi_1 \sqrt{S_{\text{пн1}} + 2a_1b_1\varepsilon_1/L'} + m_2 \cos \Phi_2 \sqrt{S_{\text{пн2}} + 2a_2b_2\varepsilon_2/L''})] / m_1.$$

Аналогично для автомобиля 2

$$v_2 = \sqrt{2g\varphi_2(m_1 \sin \Phi_1 \sqrt{S_{\text{пр1}} + 2a_1 b_1 \varepsilon_1 / L'} + m_2 \sin \Phi_2 \sqrt{S_{\text{пр2}} + 2a_2 b_2 \varepsilon_2 / L''})} / m_2.$$

Зная скорости V1 и V2 автомобилей непосредственно перед столкновением, можно, используя ранее полученные выражения, найти скорости в начале тормозного пути и перед торможением.

При расчетах следует иметь в виду, что расстояния после наезда и углы характеризуют перемещения центров тяжести автомобилей.

Расстояния после наезда могут значительно отличаться от длины следов шин на покрытии. Углы Φ_1 и Φ_2 также могут отличаться от углов наклона следов, оставленных шинами.

Поэтому как расстояния, так и углы лучше всего определять по схеме, выполненной в масштабе с разметкой положения центра тяжести каждого автомобиля, участвовавшего в ДТП.