

**УДК 656-084**

*Мережко М.Ю.*

*Студентка 2 курса магистратуры*

*Комаров Ю.Я.*

*Доцент кафедры Автомобильный транспорт, научный руководитель*

*Волгоградский государственный технический университет*

*Россия, г. Волгоград*

**ПОВЫШЕНИЕ ДОСТОВЕРНОСТИ ВЫВОДОВ ЭКСПЕРТА ПРИ  
РАССЛЕДОВАНИИ ДТП**

***Аннотация:***

*В статье рассмотрены основные методики расчета скоростей при столкновении автомобилей при производстве экспертизы ДТП. Поскольку данные методики не учитывают ряд факторов, влияющих на скорость автомобиля, предложен способ повышения достоверности выводов эксперта.*

***Ключевые слова:***

*Дорожно-транспортное происшествие, экспертиза ДТП, автомобиль, скорость, столкновение*

*Merezhko M.Yu.*

*2nd year of the Master's program*

*Komarov Yu.Ya.*

*Associate Professor of the Department of Automobile Transport, Scientific*

*Director*

*Volgograd State Technical University*

*Russia, Volgograd*

**INCREASING THE RELIABILITY OF EXPERT'S CONCLUSIONS  
WHEN INVESTIGATING ACCIDENTS**

***Annotation:***

*The article discusses the main methods for calculating the speed in a collision of cars in the production of road accident expertise. These methods do not take into account the factors affecting the speed of the car, therefore, a method is proposed to increase the reliability of the expert's conclusions.*

**Keywords:**

*Traffic accident, road accident expertise, car, speed, collision*

Экспертизой дорожно-транспортных происшествий (ДТП) называется комплексное научно-техническое рассмотрение всех аспектов любого дорожно-транспортного происшествия в отдельности, осуществляемое лицами, обладающими специальными знаниями в данном виде деятельности. Экспертиза сочетает в себе изучение данных из разных областей: юриспруденции; криминалистики; медицины; психофизиологии; конструкции, теории транспортных средств, технологии их изготовления, обслуживания и ремонта; проектирования, строительства и эксплуатации дорог, организации и безопасности дорожного движения и др.

Самой главной задачей при производстве экспертизы ДТП считается определение скоростей автомобилей непосредственно перед столкновением. Это обусловлено тем, что превышение скорости является наиболее распространенным нарушением ПДД, а также скорость движения оказывает влияние на способность водителя своевременно остановить свой автомобиль в случае обнаружения опасности и на угол обзора.

Теоретически можно выделить три основных способа, по которым рассчитываются скорости (рисунок 1):

- Определение скорости из закона сохранения количества движения;
- Определение скорости по длине следов торможения;
- Определение скорости исходя из полученных деформаций.



Рисунок 1 - Способы расчета скорости [3]

Установление скоростей по закону сохранения количества движения используют при столкновении с неподвижным препятствием или транспортным средством (ТС), а также при перекрестных столкновениях под углом, близким к 90 градусам. В этом способе скорость транспортного средства вычисляют по виду его движения после удара, а также, при столкновении с другим автомобилем, по перемещению второго ТС вследствие перехода кинетической энергии от первого.

Недостатками вычисления скоростей с учетом сохранения количества движения являются:

- неточный результат из-за недостаточного количества информации о режиме движения автомобиля;
- более сложные и немалые расчеты по сравнению с методом определения скорости по длине следов торможения;
- не рассматривается энергия, затраченная на разрушение ТС и препятствий.

При этом метод с использованием закона сохранения количества движения обладает рядом достоинств:

- он дает возможность определить скорость ТС при отсутствии следов торможения;

- при тщательном учёте всех факторов результаты имеют достаточно высокую достоверность;

- удобство использования метода при перекрёстных столкновениях и столкновениях с неподвижными препятствиями.

Расчет скорости автомобиля по следу торможения имеет ряд существенных недостатков, таких как:

- следы юза часто незаметны на влажных, обледенелых, заснеженных покрытиях. Кроме того, с течением времени резина протектора изнашивается, вследствие чего длина тормозного следа уменьшается;

- не учитывается расход энергии на деформацию другого ТС при столкновении;

- если автомобиль оборудован антиблокировочной системой, то шины практически не оставляют следов при экстренном торможении.

Достоинствами данного способа являются:

- относительная простота расчетов;

- большое количество составленных методических рекомендаций и научных работ;

- быстрота получения результатов.

При производстве экспертизы чаще всего определяют скорость с использованием закона сохранения количества движения в совокупности с учетом следов торможения. Данные методики являются взаимодополняющими, за счет чего достигается максимальная точность результатов. Остальные способы определения скорости транспортного средства не получили широкого применения по причине недостоверности получаемых результатов и необходимости сложных и трудоемких вычислений, а также из-за необходимости учета показаний свидетелей аварии, в таком случае полученная информация будет субъективной.

На основе рассмотренных законов В. А. Иларионовым была предложена методика для расчета скоростей при перекрестном столкновении [1, с. 193].

При перекрестном столкновении автомобили совершают сложное движение, так как каждый из автомобилей начинает вращаться вокруг своего центра тяжести. Центр тяжести в свою очередь перемещается под некоторым углом к первоначальному направлению движения ( $\delta_1, \delta_2$ ).

Все количество движения системы можно разложить на две составляющие в соответствии с первоначальным направлением движения автомобилей 1 и 2. Поскольку количество движения в каждом направлении из указанных не изменяется, то имеют место следующие зависимости:

$$m_1 v_1 = m_1 v'_1 \cos \delta_1 + m_2 v'_2 \cos \delta_2, \quad (1)$$

$$m_2 v_2 = m_1 v'_1 \sin \delta_1 + m_2 v'_2 \sin \delta_2, \quad (2)$$

где  $v'_1, v'_2$  - скорости автомобилей 1 и 2 после столкновения, м/с;

$v_1, v_2$  – скорости автомобилей непосредственно перед столкновением, м/с;

$\delta_1, \delta_2$  – угол между первоначальным направлением движения автомобиля и перемещением его центра масс после столкновения, град.;

$m_1, m_2$  – массы автомобилей, кг.

Скорость 1 автомобиля непосредственно перед столкновением рассчитывается по формуле:

$$v_1 = v'_1 \frac{\sin(\gamma - \delta_1)}{\sin \gamma} - v'_2 \frac{m_2 \sin \delta_2}{m_1 \sin \gamma}, \quad (3)$$

где  $v'_1, v'_2$  - скорости автомобилей 1 и 2 после столкновения, м/с;

$\gamma$  – угол между векторами скоростей автомобилей в момент удара, град.;

$\delta_1, \delta_2$  – угол между первоначальным направлением движения автомобиля и перемещением его центра масс, град.;

$m_1, m_2$  – массы автомобилей, кг.

Скорость автомобиля 2 непосредственно перед столкновением рассчитывается по формуле:

$$v_2 = v'_1 \frac{m_1 \sin \delta_1}{m_2 \sin \gamma} + v'_2 \frac{\sin(\gamma + \delta_2)}{\sin \gamma}, \quad (4)$$

где  $v'_1, v'_2$  - скорости автомобилей 1 и 2 после столкновения, м/с;

$\gamma$  – угол между векторами скоростей автомобилей в момент удара, град.;

$\delta_1, \delta_2$  – угол между первоначальным направлением движения автомобиля и перемещением его центра масс, град.;

$m_1, m_2$  – массы автомобилей, кг.

Скорости после столкновения можно найти, предположив, что кинетическая энергия каждого автомобиля после удара перешла в работу трения шин по дороге во время поступательного перемещения на расстояние  $S_1$  ( $S_2$ ) и поворота вокруг центра тяжести на угол  $\beta_1$  ( $\beta_2$ ). Если после столкновения автомобиль развернулся на некоторый угол относительно первоначального направления движения, то в расчетах следует использовать коэффициент сцепления с дорогой в поперечной плоскости, который равен  $\varphi_y = 0,8\varphi_x$ , где  $\varphi_x$  - коэффициент сцепления с дорогой в продольном направлении.

Скорость автомобиля 1 после столкновения:

$$v'_1 = \sqrt{26g\varphi_y(S_1 + L_1 \frac{\pi\beta_1}{180})}, \quad (5)$$

где  $\beta_1$  - угол поворота автомобиля 1;

$L_1$  – база автомобиля 1, м;

$g$  - ускорение свободного падения;

$\varphi_y = 0,8\varphi_x$  – коэффициент сцепления с дорогой в поперечной плоскости;

$S_1$  – расстояние, на которое переместился центр масс автомобиля 1 после удара, м.

Точно так же находим скорость автомобиля 2 после столкновения:

$$v'_2 = \sqrt{26g\varphi_y(S_2 + L_2 \frac{\pi\beta_2}{180})}, \quad (6)$$

где  $\beta_2$  - угол поворота автомобиля 2;

$L_2$  – база автомобиля 2, м;

$g$  - ускорение свободного падения;

$\varphi_y = 0,8\varphi_x$  – коэффициент сцепления с дорогой в поперечной плоскости;

$S_2$  – расстояние, на которое переместился центр масс автомобиля 2 после удара, м.

Если перед столкновением водитель автомобиля 1 осуществлял торможение (имеется след юза на дороге), то скорость до начала торможения составляла:

$$v_{a1} = 1,8 * t_n * j + \sqrt{2 * S_{T1} * j + v_1^2}, \quad (7)$$

где  $S_{T1}$  – длина тормозного следа автомобиля 1, м;

$t_n$  - время нарастания замедления, с;

$j = g * \varphi_x$  – замедление автомобиля, м/с<sup>2</sup>;

$\varphi_x$  – коэффициент сцепления в продольной плоскости;

$v_1$  - скорость автомобиля 1 после столкновения, м/с.

Данная методика учитывает:

- закон сохранения количества движения;
- углы, на которые развернулись транспортные средства после столкновения;
- углы, под которыми переместились центры масс относительно первоначального направления движения;
- расстояния, на которые переместились центры масс автомобилей после удара;
- длины тормозных следов.

Подобная методика определения скоростей ТС была предложена в патенте RU 2196697 авторами Л. А. Черепановым и Ю. А. Некрасовым. Ими представлен способ определения факторов дорожно-транспортных происшествий, который заключается в составлении схемы ДТП в масштабе с изображением моделей транспортных средств на основе предварительного изучения дорожной обстановки на момент ДТП. Модели транспортных средств устанавливаются в условную точку столкновения, полученную из исходных

данных, определяют по характеру повреждений угол столкновения между векторами скоростей  $v_1, v_2$  моделей транспортных средств, определяют углы, под которыми переместились центры масс транспортных средств после удара относительно векторов их скоростей в момент столкновения, определяют скорости  $v_1, v_2$  транспортных средств до столкновения, на основе уравнений количества движения системы [8]:

$$m_1 v_1 + m_2 v_2 \cos \gamma = m_1 v'_1 \cos \Phi_1 + m_2 v'_2 \cos \Phi_2, \quad (8)$$

$$m_1 v_1 \cos \gamma + m_2 v_2 = m_1 v'_1 \cos \Phi_3 + m_2 v'_2 \cos \Phi_4, \quad (9)$$

где  $\gamma$  – угол между векторами  $v_1, v_2$  в момент удара;

$m_1 = m_1^0 + nm_n$ , где  $m_1^0$  – снаряженная масса автомобиля 1,  $m_n = 75$  кг – масса человека,  $n$  – количество человек в автомобиле;

$m_2 = m_2^0 + nm_n$ , где  $m_2^0$  – снаряженная масса автомобиля 2;

$v_1, v_2$  – скорости автомобилей 1 и 2 перед столкновением соответственно;

$v'_1, v'_2$  – скорости автомобилей 1 и 2 после столкновением соответственно;

$\Phi_1, \Phi_2, \Phi_3, \Phi_4$  – углы для данной точки столкновения, под которыми переместились центры масс автомобилей после удара относительно векторов их скоростей в момент столкновения, град.

Скорости  $v'_1, v'_2$  можно рассчитать, предположив, что кинетическая энергия каждого автомобиля перешла в работу трения шин по дороге во время поступательного перемещения на расстояние  $S$  после столкновения.

Работа трения шин на дороге при поступательном движении автомобиля:

$$A_{\text{тр}} = mgS\varphi_y, \quad (10)$$

где  $m$  – масса автомобиля;

$g$  - ускорение свободного падения;

$\varphi_y = 0,8\varphi_x$  – коэффициент сцепления с дорогой в поперечной плоскости;



$S$  – расстояние, на которое переместился центр масс автомобиля после столкновения, м.

То же при повороте его относительно центра тяжести:

$$A_{\text{вр}} = (R_{z1}a + R_{z2}b)\varphi_y * e, \quad (11)$$

где  $a$  и  $b$  - расстояния от переднего и заднего мостов автомобиля до его центра тяжести;

$R_{z1}$  и  $R_{z2}$  - действующие на передний и задний мост автомобиля нормальные реакции дороги;

$e$  - угол поворота автомобиля, рад;

$\varphi_y = 0,8\varphi_x$  – коэффициент сцепления с дорогой в поперечной плоскости.

При этом

$$R_{z1} = \frac{mgb}{L}; \quad R_{z2} = \frac{mga}{L} \quad (12)$$

где  $R_{z1}$  и  $R_{z2}$  - действующие на передний и задний мост автомобиля нормальные реакции дороги;

$L$  – база автомобиля;

$a$  и  $b$  - расстояния от центра тяжести до переднего и заднего мостов автомобиля соответственно;

$g$  - ускорение свободного падения.

Таким образом, скорость автомобиля перед столкновением определяется из выражения:

$$\frac{m(v')^2}{2} = E_{\text{к}} = A_{\text{тр}} + A_{\text{вр}}, \quad (13)$$

$$v' = \sqrt{\frac{2 E_{\text{к}}}{m}} = \sqrt{\frac{2(A_{\text{тр}} + A_{\text{вр}})}{m}}, \quad (14)$$

где  $m$  – масса автомобиля;

$A_{\text{тр}}$  - работа трения шин на дороге, Дж;

$A_{\text{вр}}$  – работа при повороте автомобиля вокруг центра тяжести, Дж.

Исходя из формул (8) и (9) можно определить скорости автомобилей перед столкновением:

$$v_1 = \frac{m_1 v'_1 \cos \Phi_1 + m_2 v'_2 \cos \Phi_2}{m_1}, \quad (15)$$

где  $v'_1, v'_2$  - скорости автомобилей 1 и 2 после столкновения, м/с;

$m_1$  – масса автомобиля 1, кг;

$\Phi_1$  – угол, между первоначальным направлением автомобиля 1 и перемещением его центра масс после удара, град.;

$\Phi_2$  - угол, между первоначальным направлением автомобиля 1 и перемещением центра масс автомобиля 2 после удара, град.

Аналогично для автомобиля 2:

$$v_2 = \frac{m_1 v'_1 \cos \Phi_3 + m_2 v'_2 \cos \Phi_4}{m_2}, \quad (16)$$

где  $v'_1, v'_2$  - скорости автомобилей 1 и 2 после столкновения, м/с;

$m_2$  – масса автомобиля 2;

$\Phi_3$  – угол, между первоначальным направлением автомобиля 2 и перемещением его центра масс после удара, град.;

$\Phi_4$  - угол, между первоначальным направлением автомобиля 2 и перемещением центра масс автомобиля 2 после удара, град.

Зная скорости  $v_1$  и  $v_2$  автомобилей непосредственно перед столкновением, можно найти скорости в начале тормозного пути и перед торможением по длине следов торможения.

Скорость автомобиля в начале тормозного пути:

$$v_a = 0,5 t_n g \varphi_x + \sqrt{2 g \varphi_x (S_T - L) + (v)^2}, \quad (17)$$

где  $S_T$  - длина следа юза автомобиля 1 перед ударом, м;

$t_n$  - время нарастания замедления, с;

$L$  – база автомобиля, м;

$\varphi_x$  – коэффициент сцепления в продольной плоскости;

$g$  - ускорение свободного падения;

$v$  – скорость автомобиля непосредственно перед ударом.

Данная методика учитывает:

- работу трения шин на дороге;
- работу при повороте автомобиля относительно центра тяжести;
- углы, между первоначальными направлениями движения автомобилей и перемещениями их центров масс;
- расстояния, на которые переместились центры масс автомобилей после удара;
- длины тормозных следов.

Однако обе методики не учитывают затраты энергии на преодоление автомобилями препятствий и затраты энергии на разрушение дорожных ограждений.

Для повышения достоверности выводов эксперта при расчете скоростей рекомендуется включать в формулу кинетической энергии работу на преодоление транспортным средством высоты дорожного бордюра и расход энергии на деформацию опор дорожных знаков, дорожных ограждений..

Работа, затраченная на преодоление препятствия (например, дорожного бордюра высотой  $\Delta h$ ), определяется по формуле:

$$A_h = mg\Delta h, \quad (18)$$

где  $m$  – масса автомобиля, кг;

$\Delta h$  - высота бордюра, м.

Работу, затраченную на деформацию опоры дорожного знака, можно рассчитать следующим способом.

Работа внешних сил при деформации стержней рассчитывается по формуле [19]:

$$A_d = \frac{F * l}{2}, \quad (19)$$

где  $A_d$  - работа внешних сил, затраченная на деформацию опоры дорожного знака, Дж;

$F$  – сила, приложенная к знаку, Н;

$l$  – отклонение опоры дорожного знака при деформации, м (рисунок 2).

Чтобы рассчитать силу, которую необходимо приложить для деформации опоры дорожного знака необходимо знать максимальный изгибающий момент  $M_{max}$  и место приложения силы  $h$  (рисунок 2)

$$F = \frac{M_{max}}{h}. \quad (20)$$

Максимальный изгибающий момент можно вычислить по следующей формуле [6]:

$$M_{max} = \sigma_{max}W, \quad (21)$$

где  $\sigma_{max}$  – напряжения в стержне;

$W$  – момент сопротивления сечения.

Момент сопротивления сечения рассчитывается согласно следующей формуле [7]:

$$W = \pi r^2 s, \quad (22)$$

где  $r$  – радиус сечения, м;

$s$  – толщина стенки, м (рисунок 3).

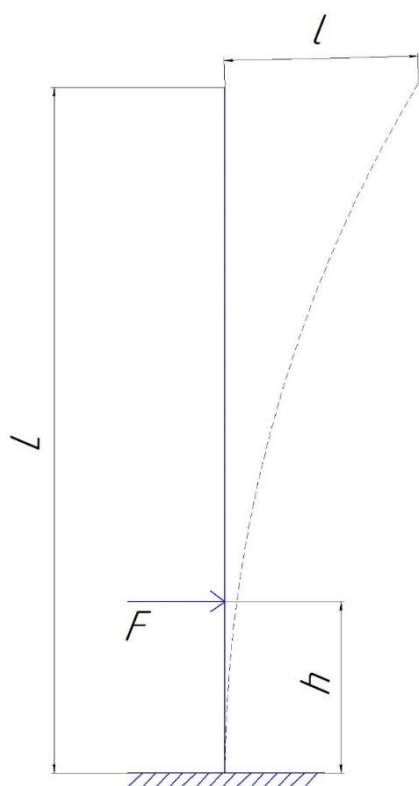


Рисунок 2 – Деформация опоры дорожного знака [5]

Следовательно, формула для определения затрат энергии на разрушение дорожных ограждений примет вид:

$$A_d = \frac{\sigma \pi r^2 s * l}{2h}. \quad (23)$$

Таким образом, с учетом затрат энергии на преодоление автомобилями препятствий и затраты энергии на разрушение дорожных ограждений, формула (13) примет следующий вид:

$$\frac{m(v')^2}{2} = E_k = A_{тр} + A_{вр} + A_h + A_d. \quad (24)$$

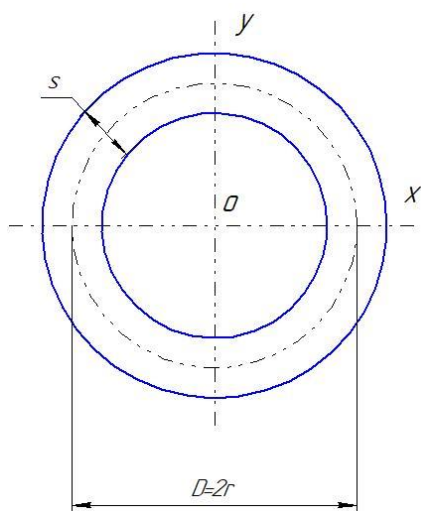


Рисунок 4 – Сечение опоры дорожного знака [5]

Подставив в данную формулу выражения для нахождения работы трения шин на дороге, работы при повороте автомобиля относительно центра тяжести, получим величину кинетической энергии автомобилей с учетом затрат энергии на преодоление автомобилями препятствий и разрушение дорожных ограждений получим:

Таким образом, благодаря учету энергии на преодоление препятствий и на деформацию дорожных ограждений можно получить более точные значения скоростей автомобилей перед возникновением опасной ситуации, и, следовательно, повысить достоверность выводов эксперта.

#### Использованные источники:

1. Иларионов, В. А. Задачи и примеры по экспертизе ДТП. Учебное пособие / В. А. Иларионов. – Москва : МАДИ, 1990г. – 68 с.

2. Иларионов, В. А. Экспертиза дорожно-транспортных происшествий : учебник для вузов / В. А. Иларионов. – Москва : Транспорт, 1989. – 225 с.
3. Коссович, А. А. Вопросы назначения и производства автотехнической экспертизы / А. А. Коссович. – Москва : Следователь, 2007. – 315 с.
4. Комаров, Ю. Я. Экспертиза дорожно-транспортных происшествий в примерах и задачах комаров / Ю. Я. Комаров [и др.] ; под ред. Ю. Я. Комарова, Н. К. Клепика. – Москва : Горячая линия – Телеком, 2012. – 290 с.
5. Работа внешних сил и потенциальная энергия деформации при изгибе стержней и стержневых систем [Электронный ресурс] / Студенческие реферативные статьи и материалы. - Режим доступа : [https://studref.com/363820/stroitelstvo/opredelenie\\_peremescheniy\\_pomoschyu\\_metoda\\_mora#791](https://studref.com/363820/stroitelstvo/opredelenie_peremescheniy_pomoschyu_metoda_mora#791)
6. Таблица. Осевые моменты инерции, моменты сопротивления и радиусы инерции плоских фигур [Электронный ресурс] / Технические таблицы - Режим доступа : <https://tehtab.ru/Guide/guidematerials/materialsresistant/momentsofinertion/>
7. Таблица предела прочности сталей [Электронный ресурс] / Центр проектирования. - Режим доступа : <https://www.center-pss.ru/st/st165.htm>
8. Способ определения факторов дорожно-транспортных происшествий : пат. 2196697 Российская Федерация : МПК В 62 F 41/00 / Л. А. Черепанов, Ю. А. Некрасов ; заявители и патентообладатели В. А. Романеев, Л. А. Черепанов. - № 2001101709/28 ; заявл.22.01.01 ; опубл.20.01.03, Бюл. № 2