

С.А. Евтюков, И.С. Брылев

## СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ МЕТОДИКИ РАСЧЕТА СКОРОСТИ ДВУХКОЛЕСНЫХ ТРАНСПОРТНЫХ СРЕДСТВ ПРИ РЕКОНСТРУКЦИИ ДТП

Безопасность дорожного движения является одной из важных социально-экономических и демографических задач Российской Федерации. Ежегодно в Российской Федерации в результате дорожно-транспортных происшествий (ДТП) погибают и получают ранения свыше 271 тыс. человек. Общее количество ДТП с участием мотоциклистов на период январь - декабрь 2012 года составляет около 7689, при этом погибло около 1125 человек, ранено 8943 человек [1].

Дорожно-транспортное происшествие, как правило, это - результат многих обстоятельств, образующих совокупность причин и следствий. Установление истинных причин нарушения правил безопасности, приведших к аварии, и обстоятельств, им способствующих, одна из важных задач обеспечения безопасности движения и эксплуатации автотранспорта.

Действующий методический аппарат в органах системы Министерства Юстиции РФ не имеет методов (точнее не имеет четкой позиции по применению отдельных методик, успешно используемых в зарубежной практике уже более 25 лет) позволяющих решить частные инженерные задачи, такие как установление затрат энергии на деформацию ТС, определение фактических траекторий перемещений ТС, определение скоростей движения объектов к моменту контакта и их пространственное положение в заданный момент времени до столкновения, определение момента срабатывания системы активизации подушек безопасности и многие другие.

Данные недостатки действующей системы во многих случаях приводят к невозможности определения параметров отдельных фаз механизма ДТП (сближение - контакт - разлет) или полной невозможности реконструкции механизма ДТП. Что как следствие приводит к невозможности доказательства или опровержения причинной связи в действиях водителей и наступивших последствий, т.е. проще говоря приводит к наличию нескольких равноверо-

ятных сценариев развития механизма ДТП (как правило в субъектном изложении водителей - участников ДТП).

Выполнение экспертизы и составление экспертного заключения является весьма трудоемким процессом, особенно в случаях комплексных многообъектных экспертиз, и требует больших трудозатрат. Более того, качество фиксации первичной пространственно-следовой информации с места ДТП и об объектах исследования (а/м, пешеходах, пассажирах и т.д.) на настоящий момент в РФ находится на крайне низком уровне, что во многих случаях приводит к тому, что эксперт вынужден приходиться к выводу, что реконструкция механизма ДТП, в рамках представленных ему на исследование материалов не возможна.

Так в частности реконструкции механизма ДТП, с участием двухколесных ТС, в настоящий момент существует серьезный изъян в части определения причинно-следственной связи между действиями мотоциклистов и самим ДТП, в частности возникает проблема установки фактической скорости движения мотоциклов к моменту их вступления в контактно следовое взаимодействие (столкновение), а так же определения параметров замедления и торможения мотоциклов, что существенно влияет на качество и объем исследований, производимых экспертами по анализу ДТП. В следствии чего возникает неполнота и неполноценность исследования механизма таких ДТП, так как в большинстве случаев, вопрос о скорости движения мотоциклов остается не исследованным или оценка скорости позволяет определить только минимальное значение.

Типовая методика, принятая к применению не позволяет так же оценить затраты скорости (энергии) на перемещение мотоцикла при боковом скольжении, его опрокидывании и вращении. В действующей (сложившейся ещё с середины 70-х годов) системе экспертных исследований ДТП продолжает отсутствовать необходимая научная теория анализа движения соударяющихся анизотропных объектов; методы определения затрат энергии на объемные деформации ТС; сохраняется высокий уровень субъективизма экспертов; нечеткость принципов оценки качества результатов исследований; зачаточность процесса автоматизации технологий анализа и моделирования (в частности, в РФ нет полноценного программного обеспечения, отвечающего мировым аналогам).

Как показывает опыт, далеко не все специалисты, занятые в сфере анализа ДТП, понимают классическую физику, не зная что расчет скорости движения по следам торможения юзом, есть с физической точки зрения расчет работы сил на перемещение тела массой  $m$  на расстояние  $S$  при установившемся замедлении.

В мировой практике существуют два основных подхода расчета скорости мотоцикла при ДТП [2, 3]:

- Расчет скорости мотоцикла при сохранении крутящего момента.
- Методика расчета скорости мотоцикла при сохранении линейного количества движения.

Чтобы рассчитать скорость движения мотоцикла в момент столкновения с автомобилем, можно использовать скорость вращения транспортного средства, вызванную воздействием на кузов а/м мотоциклом. Большое количество ДТП с участием мотоциклов происходят при совершении маневра левого поворота при проезде перекрестка, при перестроении (смене полосы движения) [3]. При столкновении, образуется угол между мотоциклом и легковым автомобилем, при этом происходит эксцентричное воздействие на автомобиль, в результате чего, автомобиль разворачивается в направлении эксцентрично переданного ему импульса сил.

Точность расчетов, как и все расчеты связанные с расследованием и экспертизой ДТП, зависит от качества первичной информации, доступной для исследования.

Например, авторам известно весьма полное описание механики вращения, изложенное в учебном пособии для экспертов по анализу ДТП [2]. В РФ аналогичные (совместные) исследования до настоящего момента не публиковались, тем самым это позволяет ряду заинтересованных лиц утверждать, что на данный момент в РФ расчет скорости мотоцикла при отсутствии зафиксированных следов торможения не возможен.

При эксцентричных ударных воздействиях на транспортное средство от мотоцикла порядок расчета включает:

Вычисление величины крутящего момента, действующего на автомобиль по формуле:

$$\tau_{tire} = WBW_a f \quad (1)$$

где:  $\tau_{tire}$  - крутящий момент автомобиля, вызванный боковым скольжением шин,  $WB$  - колесная база транспортного средства,  $W_a$  - масса нагрузки на ось, ближайшей к зоне деформаций,  $f$  - коэффициент сцепления колес с дорогой.

Вычисление величины угловой скорости транспортного средства по формуле:

$$\omega = \sqrt{\frac{2\tau_{tire}\theta}{I + M_1 D_{com}^2}} \quad (2)$$

где:  $\tau_{tire}$  - крутящий момент, действующий через шины,  $\omega$  - угловая скорость транспортного средства в рад/с,  $\theta$  - угол поворота транспортного средства в радианах (рис. 1),  $M_1$  - масса транспортного средства,  $I$  - поворотный момент инерции транспортного средства,  $D_{com}$  - расстояние самой дальней оси от зоны контакта до центра массы.

После определения угловой скорости транспортного средства в следствии удара, мы можем вычислить изменение скорости мотоцикла после столкновения  $\Delta V_m$ :

$$\Delta V_m = \frac{(I + M_1 D_{com}^2) \omega}{L M_m} \quad (3)$$

где:  $\Delta V_m$  - изменение скорости мотоцикла,  $\omega$  - угловая скорость автомобиля,  $L$  - длина плеча момента (плечо вектора PDOF, параллельного оси автомобиля в конечном положении от передней оси мотоцикла до центра тяжести автомобиля, см. рис. 1),  $D_{com}$  - расстояние самой дальней оси от контакта до центра массы.

Переменные в уравнении (3) включают значения для момента инерции автомобиля, который может быть рассчитан с помощью методов, описанных в источнике [1].

Таким образом, определив направление перемещения мотоцикла при столкновении и его скорость после столкновения, можно вычислить скорость мотоцикла во время столкновения. Формулу (4) можно использовать для расчета начальной скорости мотоцикла:

$$V_2 = V_4 \cos(\psi - \Phi) + \sqrt{\Delta V_m^2 - (V_4 \sin(\psi - \Phi))^2} \quad (4)$$

где:  $V_2$  - начальная скорость мотоцикла (до столкновения),  $V_4$  - скорость мотоцикла после столкновения,  $\psi$  - угол взаиморасположения транспортных средств в момент столкновения (рис. 2),  $\Phi$  - исходный угол мотоцикла после столкновения (рис. 2).

На рисунке 1 изображена векторная диаграмма транспортных средств на стадии разлета.

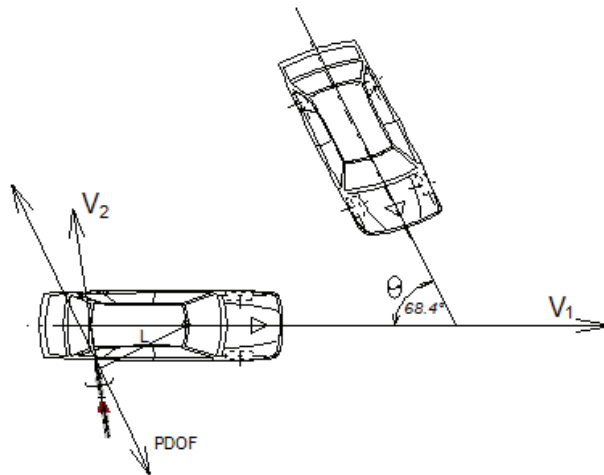


Рис. 1. Положение транспортных средств в момент контакта, с последующим разворотом автомобиля по часовой стрелке на стадии разлета

Из закона сохранения количества движения следует, что при столкновении мотоцикла и транспортного средства, где у мотоцикла и у мотоциклиста различные траектории движения (отброса, на стадии разлета) после столкновения используется формула:

$$M_1V_1 + (M_2 + M_3)V_2 = M_1V_3 + M_2V_4 + M_3V_5 \quad (5)$$

где:  $M_1$  - масса первого ТС,  $M_2$  - масса мотоцикла,  $M_3$  - масса мотоциклиста,  $V_1$  - скорость первого ТС в момент столкновения,  $V_2$  - скорость мотоцикла/мотоциклиста в момент столкновения,  $V_3$  - скорость первого ТС после столкновения,  $V_4$  - скорость мотоцикла после столкновения,  $V_5$  - скорость мотоциклиста после столкновения

$$V_2 = \frac{M_1V_3 \sin \theta + M_2V_4 \sin \Phi + M_3V_5 \sin \gamma}{(M_2 + M_3)\sin \psi} \quad (6)$$

где:  $\gamma$  - исходный угол мотоциклиста после столкновения,  $\theta$  - исходный угол транспортного средства после столкновения

$$V_1 = \frac{M_2V_4 \cos \Phi + M_3V_5 \cos \gamma - (M_2 + M_3)V_2 \cos \psi}{M_1} + V_3 \cos \theta \quad (7)$$

где:  $\psi$  - угол взаиморасположения транспортных средств мотоцикла в момент столкновения (рис. 2),  $X$  - конечное положение мотоциклиста после столкновения (рис. 2).

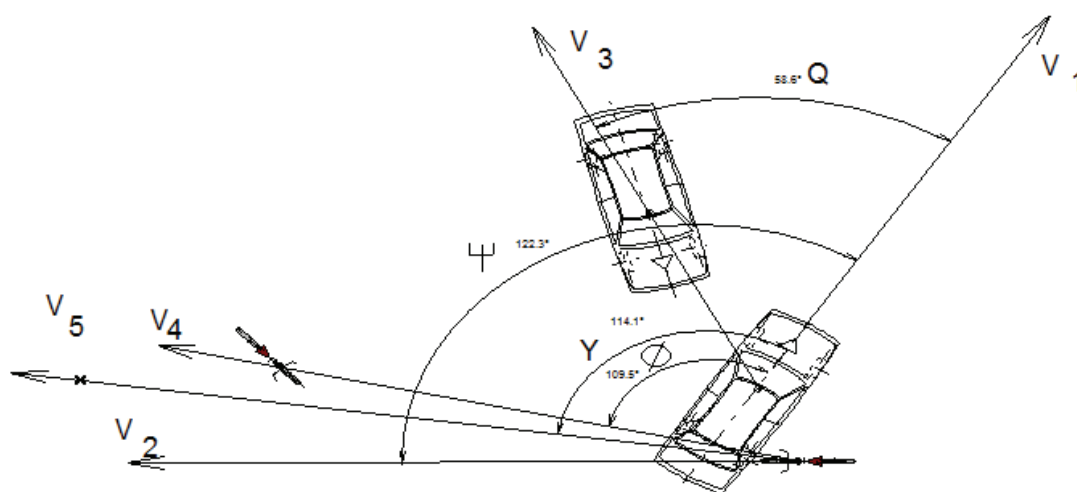


Рис. 2. Взаиморасположение на стадиях сближение, контакт, разлет

Точность определения скорости мотоцикла является чувствительность к точности определения:

- коэффициента сцепления в продольном и поперечном направлении движения;
- замедления мотоцикла;
- коэффициента трения/скольжения мотоцикла при его опрокидывании и волочении на стадии разлета ТС.

Были проведены испытания мотоциклов, при которых происходил отброс мотоцикла на проезжую часть [2]. Результаты испытаний сведены в таблицу 1.

ТАБЛИЦА 1

**Данные исследований коэффициента сцепления с учетом различных классов дорожного покрытия**

Номер теста	Марка мотоцикла	Скорость [км/ч]	Коэффициент волочения (сцепления)	Установленный коэффициент волочения (сцепления)
1	350 Honda Street	48,3	0.40	0.50
2	350 Honda Street	51,5	0.55	0.65
3	350 Honda Street	49,9	0.28	0.38
4	350 Honda Street	49,9	0.28	0.38

Так же были проведены испытания, при которых происходили различные варианты отброса мотоцикла, при этом было измерено среднее замедление мотоциклов [4]. Результаты испытаний сведены в таблицу 2.

ТАБЛИЦА 2

**Данные исследований установившегося замедления мотоциклов при дополнительном скольжении с учетом различной скорости и вариаций падения мотоцикла**

Скорость [км/ч]	Остановочный путь [м]	Замедление [м/сек <sup>2</sup> ]	Комментарий
64,0	26,8	6,0	Правая сторона, скольжение
64,0	26,2	6,1	Правая сторона, скольжение, с внедрением в поверхность скольжения
79,0	48,2	5,0	Правая сторона, с образованием задиров поверхности
77,0	54,3	4,2	Правая сторона, скольжение и царапание поверхности
105,0	86,7	4,9	Левая сторона, скольжение, царапины и потертости шин
80,5	50,0	5,0	левая сторона, скольжение
80,5	40,8	6,1	левая сторона, скольжение, с внедрением в поверхность скольжения
82,0	52,7	4,9	Левая сторона, скольжение, с образованием задиров поверхности
61,0	21,0	6,9	Перевернулось три раза

Так же, были проведены испытания, при которых мотоциклы опрокидывали на проезжую часть при определенных скоростях движения, замеряя при этом установившееся замедление [1]. Результаты испытаний сведены в таблицу 3.

ТАБЛИЦА 3

**Данные исследований установившегося замедления мотоциклов  
с учетом различного дорожного покрытия**

Скорость [км/ч]	Дорожное покрытие	Мотоцикл	Замедление [м/сек <sup>2</sup> ]
59,5	Асфальт	Can AM	4,4
62,8	Асфальт	Can AM	5,9
62,8	Асфальт	Can AM	4,4
61,1	Гравий	Can AM	5,5
64,4	Гравий	Can AM	6,1
61,1	Цемент	Yamaha	8,6
61,1	Цемент	Yamaha	7,7
62,8	Асфальт	Yamaha	6,3
61,1	Асфальт	Yamaha	6,0
66,0	Гравий	Yamaha	7,0
64,3	Гравий	Yamaha	6,7

Следует отметить, что производя расчет скорости мотоцикла, используя классический метод расчета скорости движения ТС по зафиксированным следам торможения юзом (по старым табличным значениям), прослеживается существенная разница расчетных значений скорости, по сравнению с новыми табличными значениями, которая составляет около **9÷11%**. При этом расчетная скорость мотоцикла по старым табличным значениям занижена, что в свою очередь сказывается на качестве автотехнического исследования в целом.

### Литература

- [1] Евтюков С.А., Васильев Я.В., Дорожно-транспортные происшествия. Расследование, реконструкция, экспертиза, Изд-во ДНК, 2008, 390 с.
- [2] Daily J., Shigemura N.S., Fundamentals of Applied Physics for Traffic Accident Investigators, Institute of Police Technology and Management, 1997.
- [3] Евтюков С.А., Брылев И.С., Обзор существующих методик расчета скорости двухколесных транспортных средств, «Современные проблемы науки и образования», № 6, 2013, URL: <http://www.science-education.ru/113-10750>.

### Резюме

Действующий методический аппарат в органах системы Министерства Юстиции РФ не имеет методов (точнее не имеет четкой позиции по применению отдельных методик, успешно используемых в зарубежной практике уже более 25 лет) позволяющих решить частные инженерные задачи, такие как установление затрат энергии на деформацию ТС, определение фактических траекторий перемещений ТС, определение скоростей движения объектов к моменту контакта и их пространственное положение в заданный момент времени до столкновения. Данные недостатки действующей системы во многих случаях приводят к невозможности определения параметров отдельных фаз механизма ДТП (сближение - контакт - разлет) или полной невозможности реконструкции механизма ДТП. Что как следствие приводит к невозможности доказательства или опровержения причинной связи в действиях водителей и наступивших последствий. В настоящий момент, эксперты по анализу дорожно-транспортных происшествий Института безопасности дорожного движения СПбГАСУ занимаются научно-исследовательской деятельностью, собирают данные динамических параметров мотоциклов. При этом исследуются тормозные механизмы мотоциклов, имитируется падение (волочение) мотоцикла совместно с манекеном для выявления зависимостей параметров торможения в конкретно рассматриваемой ситуации, для выведения зависимостей, необходимых для расчета скорости мотоцикла. Это позволит универсализировать механизм расчета скорости движения мотоцикла к моменту столкновения исходя из различных вариаций как контактно-следового взаимодействия так и стадий сближения и разлета. Тем самым, проводимые исследования позволят повысить достоверность определения причин ДТП с участием мотоциклов и точность реконструкции механизма ДТП в экспертных исследованиях.

**Ключевые слова:** автотехническая экспертиза, двухколесные транспортные средства, расчет скорости движения

### Modernisation of the design procedure of two-wheeled vehicles speed in road accidents

#### Abstract

The operating methodical device in bodies of system of the Ministry of Justice of the Russian Federation has no methods (has no accurate position on application of the separate techniques successfully used in foreign practice already for more of 25 years) allowing to solve a private engineering problem, such as an establishment of expenses of energy on HARDWARE deformation, definition of actual trajectories of movings of the HARDWARE, definition of speeds of movement of objects by the time of contact and their spatial position during the set moment of time before collision more precisely. The given lacks of operating system of many cases lead to impossibility of definition of parameters of separate phases of the mechanism of road accident (rapprochement - contact - scattering) or a blank impossibility of reconstruction of the mechanism of road accident. That as a consequence furnishes to impossibility of the proof or a causal relationship refutation in actions of drivers and the consequences. At the moment, experts in the analysis of road and transport incidents of Institute of safety of traffic SPBGASU are engaged in research activity, collecting the data on dynamic parameters of motorcycles. Brake mechanisms of motorcycles are thus investigated, falling (drawing) of a motorcycle together with a dummy for revealing of dependences of parameters of braking in particularly considered situation, for deducing of the dependences necessary for calculation of speed of a motorcycle is simulated. It will allow to universalize the mechanism of calculation of speed of movement of a motorcycle by the time of collision proceeding from various variations as crash interactions and rapprochement and scattering stages. Thereby, conducted researches will allow to raise reliability of definition of the reasons of road accident with participation of motorcycles and accuracy of reconstruction of the mechanism of road accident in expert researches.

**Keywords:** autotechnical expert appraisal, two-wheeled vehicles, speed calculation