

ОБЗОР СУЩЕСТВУЮЩИХ МЕТОДИК РАСЧЕТА СКОРОСТИ ДВУХКОЛЕСНЫХ ТРАНСПОРТНЫХ СРЕДСТВ

Евтюков С.А.¹, Брылев И.С.¹

¹ГОУ ВПО «Санкт-Петербургский государственный архитектурно-строительный университет» Россия, 190005, Санкт-Петербург, 2-я Красноармейская ул., д. 4, e-mail: evtyukovs@gmail.com; ilya2104@mail.ru.

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.

REVIEW OF EXISTING METHODS CALCULATION SPEED OF TWO-VEHICLES

Evtukov S.A.¹, Brylev I.S.¹

«Saint-Petersburg State University of Architecture and Civil Engineering (SPBGASU)» 2-nd Krasnoarmeiskaya St. 4, 190005 St. Petersburg, Russia, e-mail: evtyukovs@gmail.com; ilya2104@mail.ru.

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 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 moving's 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 consequence furnishes to impossibility of the proof or a causal relationship refutation in actions of drivers and the come consequences. At the moment, experts under the analysis of road and transport incidents of Institute of safety of traffic SPBGASU are engaged in research activity, collect the data of 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 универсализировать 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.

Безопасность дорожного движения является одной из важных социально-экономических и демографических задач Российской Федерации.

Ежегодно в Российской Федерации в результате дорожно-транспортных происшествий погибают и получают ранения свыше 270 тыс. человек. Общее количество ДТП с участием мотоциклистов на период январь – декабрь 2012 года составляет около 7758, при этом погибло около 1104 человек, ранено 8844 человек.

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.

При этом 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 равновероятных сценариев развития механизма ДТП (как правило, в субъектном изложении водителей – участников ДТП).

При существующем порядке производства экспертиз, который сохраняется без изменения на протяжении многих лет, 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 приходить к выводу, что реконструкция механизма ДТП, в рамках представленных ему на исследование материалов невозможна.

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 также определения параметров замедления и торможения мотоциклов, что существенно влияет на качество и объем исследований, производимых экспертами по анализу ДТП. В следствие чего возникает неполнота и неполноценность исследования механизма таких ДТП, так как в большинстве случаев, вопрос о скорости движения мотоциклов остается неисследованным или оценка скорости позволяет определить только минимальное значение.

Типовая методика, принятая к применению, не позволяет также 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).

В мировой практике существуют два основных подхода расчета скорости мотоцикла при ДТП:

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

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:

$$M_1V_1 + (M_2+M_3)V_2 = M_1V_3 + M_2V_4 + M_3V_5, \quad (1.1)$$

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;

$$V_2 = \frac{M_1 V_3 \sin \theta + M_2 V_4 \sin \varnothing + M_3 V_5 \sin \gamma}{(M_2 + M_3) \sin \psi}, \quad (1.2)$$

где:

ψ – угол взаиморасположения транспортных средств в момент столкновения;

\varnothing – исходный угол мотоцикла после столкновения;

γ – исходный угол мотоциклиста после столкновения;

θ – исходный угол транспортного средства после столкновения;

$$V_1 = \frac{M_2 V_4 \cos \varnothing + M_3 V_5 \cos \gamma - (M_2 + M_3) V_2 \cos \psi}{M_1} + V_3 \cos \theta, \quad (1.3)$$

где:

ψ – угол взаиморасположения транспортных средств мотоцикла в момент столкновения (см. рисунок 1.1);

\varnothing – исходный угол мотоцикла после столкновения (см. рисунок 1.1);

γ – исходный угол мотоциклиста после столкновения (см. рисунок 1.1);

θ – исходный угол транспортного средства после столкновения (см. рисунок 1.1);

X – конечное положение мотоциклиста после столкновения (см. рисунок 1.1);

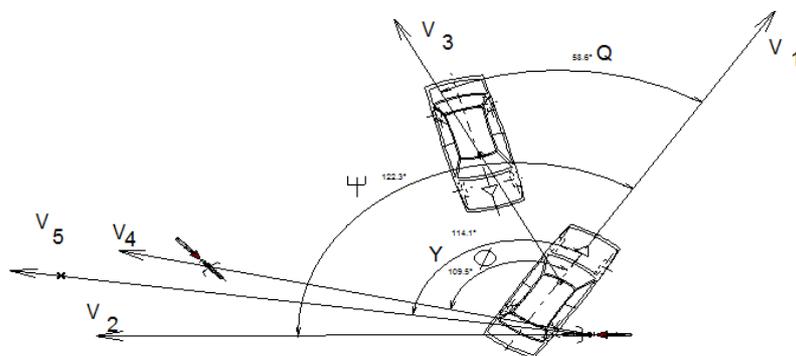


Рисунок 1.1 Взаиморасположение ТС на стадиях сближение, контакт, разлет

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.

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 невозможен.

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

Вычисление величины крутящего момента, действующего на автомобиль по формуле (1.4):

$$\tau_{tire} = WBW_a f, \quad (1.4)$$

где:

τ_{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 (1.5):

$$\omega = \sqrt{\frac{2\tau_{tire}\theta}{I+M_1 D_{com}^2}}, \quad (1.5)$$

где:

τ_{tire} – крутящий момент, действующий через шины;

ω – угловая скорость транспортного средства в рад/с;

θ – угол поворота транспортного средства в радианах (см. рисунок 1.2);

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 вследствие удара мы можем вычислить изменение скорости мотоцикла после столкновения ΔV_m ;

$$\Delta V_m = \frac{(I+M_1 D_{com}^2)\omega}{LM_m}, \quad (1.6)$$

где:

ΔV_m – изменение скорости мотоцикла;

ω – 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. рисунок 1.2);

M_1 – масса транспортного средства;

I – поворотный момент инерции транспортного средства;

Переменные в уравнении (1.6) 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 1.7 можно использовать, для расчета начальной скорости мотоцикла.

$$V_2 = V_4 \cos(\psi - \phi) + \sqrt{\Delta V_m^2 - (V_4 \sin(\psi - \phi))^2}, \quad (1.7)$$

где:

V_2 – начальная скорость мотоцикла (до столкновения);

V_4 – скорость мотоцикла после столкновения;

ψ – угол взаиморасположения ТС в момент столкновения (см. рисунок 1.1);

ϕ – исходный угол мотоцикла после столкновения (см. рисунок 1.1);

На рисунке 1.2 изображена векторная диаграмма транспортных средств на стадии разлета.

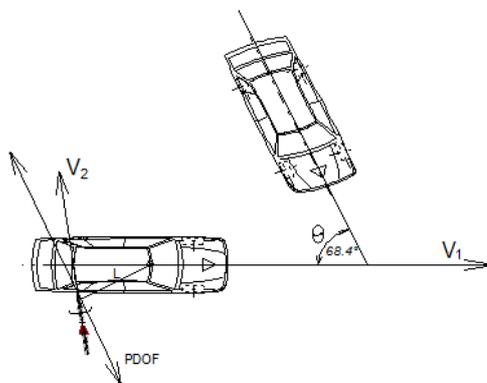


Рисунок 1.2 Положение транспортных средств в момент контакта с последующим разворотом автомобиля по часовой стрелке на стадии разлета

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 [5]. Результаты испытаний сведены в таблицу 1.1.

Таблица 1.1

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 1.2.

Таблица 1.2

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 ² | 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 царапаны на поверхности скольжения |

Так же были проведены испытания, при которых мотоциклы опрокидывали на проезжую часть при определенных скоростях движения, замеряя при этом установившееся замедление [5]. Результаты испытаний сведены в таблицу 1.3.

Таблица 1.3

Данные исследований установившегося замедления мотоциклов с учетом различного дорожного покрытия

| Скорость, км/ч | Дорожное покрытие | Мотоцикл | Замедление, м/сек ² |
|----------------|-------------------|----------|--------------------------------|
| 59,5 | Асфальт | Can AM | 4,4 |
| 62,8 | Асфальт | Can AM | 5,9 |
| 61,1 | Гравий | Can AM | 5,5 |
| 64,4 | Гравий | Can AM | 6,1 |

| | | | |
|------|--------|--------|-----|
| 61,1 | Цемент | Yamaha | 8,6 |
|------|--------|--------|-----|

Тем самым, необходимо проведение исследований тормозных механизмов мотоциклов, имитация падения (волочения) 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, а также повысит достоверность определения причин ДТП с участием мотоциклов и точность реконструкции механизма ДТП в экспертных исследованиях.

Список литературы

1. Евтюков С. А., Васильев Я. В. Дорожно-транспортные происшествия. Расследование, реконструкция, экспертиза, Изд-во ДНК, 2008. – 390 с.
2. Daily John; Shigemura, Nathan S.; Fundamentals of Applied Physics for Traffic Accident Investigators, Institute of Police Technology and Management, 1997.
3. Hurt H. H., Jr.; Ouellet, J. V.; Thom, D. R.; "Motorcycle Accident Cause Factors and Identification of Countermeasures," Traffic Safety Center, University of Southern California, 1981
4. Lynch George F. "Conducting Test Slides: Motorcycles on Asphalt," Law and Order, (ноябрь 1984).
5. "Motorcycle Test Skidding on its Side," Iowa State Patrol Traffic Investigation Spring Seminar, unpublished report, 1985.

Рецензенты:

Дружинин П.В. д.т.н., профессор кафедры «Технического обслуживания транспортных средств» «Институт сервиса автотранспорта, коммунальной и бытовой техники» г. Санкт-Петербург.

Максимов С.Е. д.т.н., профессор, генеральный директор научно-производственной компании «НТМТ», Ленинградская обл., г. Гатчина.