https://doi.org/10.21122/2227-1031-2019-18-3-256-264

УДК 629.017

Методы исследования дорожно-транспортных происшествий с использованием современных автоматизированных средств

Докт. техн. наук, доц. А. В. Сараев[1)], С. В. Данец[2)]

[1)]Харьковский национальный автомобильно-дорожный университет (Харьков, Украина),
[2)]Харьковский государственный научно-исследовательский
экспертно-криминалистический центр МВД Украины (Харьков, Украина)

© Белорусский национальный технический университет, 2019
Belarusian National Technical University, 2019

Реферат. Приведенные в статье методы исследования нацелены на повышение точности при определении параметров движения транспортных средств в процессе реконструкции дорожно-транспортных происшествий. Решены задачи, направленные на усовершенствование способа расчета скорости движения транспортных средств и координат расположения в различные моменты времени. Для более точного установления характера повреждений транспортных средств и их расположения на проезжей части применен метод лазерного сканирования, который позволяет снизить погрешность при определении размеров и расстояний, сократить время осмотра места дорожно-транспортного происшествия. Наличие сканированного изображения в трехмерном виде предоставляет возможность более точно моделировать характер и угол сближения транспортных средств перед столкновением. Разработано методическое обеспечение определения параметров движения транспортных средств по данным записей с видеорегистраторов. Установлено, что погрешность измерения скорости движения транспортных средств будет зависеть от качества изображения видеозаписи, протяженности исследуемого участка и диапазона возможных скоростей. Относительная погрешность будет тем выше, чем меньше диапазон скорости движения транспортных средств и длина участка. Составлена и решена математическая модель изменения скорости движения транспортного средства в дифференциальном виде. Модель позволяет рассчитать скорость движения в различные моменты времени применительно к записи с видеорегистратора, а также более точно рассчитать координаты расположения транспортных средств на фото- и видеоизображении. Особенно это важно при определении места наезда или места столкновения относительно края проезжей части. В отличие от субъективных методов, когда исходные данные для проведения автотехнических исследований устанавливаются путем опроса свидетелей и обвиняемых, предложенные авторами способы дают возможность выполнить реконструкцию дорожно-транспортного происшествия исключительно объективными методами с помощью автоматизированных технических средств.

Ключевые слова: транспорт, безопасность, реконструкция, экспертиза, повреждение, сканирование, регистратор, изображение, запись, скорость, время, торможение, расстояние, масштаб, погрешность

Для цитирования: Сараев, А. В. Методы исследования дорожно-транспортных происшествий с использованием современных автоматизированных средств / А. В. Сараев, С. В. Данец // *Наука и техника*. 2019. Т. 18, № 3. С. 256–264. https://doi.org/10.21122/2227-1031-2019-18-3-256-264

Methods for Investigating Road Traffic Accidents Using Modern Automated Means

O. V. Saraiev[1)], S. V. Danez[2)]

[1)]Kharkiv National Automobile and Highway University (Kharkiv, Ukraine),
[2)]Kharkiv State Research and Expert-Forensic Center of the Ministry of Internal Affairs of Ukraine
(Kharkiv, Ukraine)

Abstract. The paper presents investigation methods which are aimed at increasing an accuracy in determination of parameters for movement of vehicles in the reconstruction process of road traffic accidents. The problems with a target to improve

Адрес для переписки
Сараев Алексей Викторович
Харьковский национальный
автомобильно-дорожный университет
ул. Петровского, 25,
61002, г. Харьков, Украина
Тел.: +38 057 707-37-16
sarayev9@gmail.com

Address for correspondence
Saraiev Olexii V.
Kharkiv National
Automobile and Highway University
25 Petrovskogo str.,
61002, Kharkov, Ukraine
Tel.: +38 057 707-37-16
sarayev9@gmail.com

a method for calculation of vehicle movement speed and location coordinates at different time moments have been solved in the paper. In order to determine more accurately nature of vehicle damage and their location on carriageway, a laser scanning method has been applied which makes it possible to reduce an error while determining dimensions and distances, and to shorten time for an inspection of the road traffic accident place. The presence of a scanned image in three-dimensional form allows more accurately to simulate nature and angle concerning approach of vehicles prior to a collision. A methodological support for determination of vehicle movement parameters has been developed on the basis of the recorded data from driving video recorders (DVRs). It has been established that an error in measuring a speed of movement for vehicles will depend on quality of a video image, length of the investigated area and range of possible speeds. A relative error will be the higher, the smaller we have vehicle speed range and length of the investigated section. A mathematical model of vehicle speed change in a differential form has been compiled and solved in the paper. The model allows to calculate a speed of motion at different time moments with respect to recording from driving video recorders. In addition, the developed methodology permits more accurately to determine coordinates of vehicle location on a photo- and video image. This is especially important while determining places of pedestrian-road accident or vehicle collision location of the collision or the place of collision with regard to the edge of carriageway. Unlike subjective research methods when initial data for carrying out auto-technical investigations are established by interviewing witnesses and the accused, the proposed methods make it possible to permit reconstruction of a road traffic accident exclusively by objective methods with the help of automated technical means.

Keywords: transport, security, reconstruction, expert evaluation, damage, scanning, recorder, image, recording, speed, time, braking, distance, scale, erro

For citation: Saraiev O. V., Danez S. V. (2019) Methods for Investigating Road Traffic Accidents Using Modern Automated Means. *Science and Technique*. 18 (3), 256–264. https://doi.org/10.21122/2227-1031-2019-18-3-256-264 (in Russian)

Введение

В настоящее время широкое распространение в сфере организации дорожного движения получили автоматизированные технические средства, объединенные в интеллектуальную транспортную систему. При постоянном росте автомобилизации это позволяет снизить аварийные, экономические, экологические и социальные потери в дорожном движении на 15 % [1]. В случае нарушения правил дорожного движения, создания аварийной обстановки информацию, хранящуюся в этой системе, можно использовать для исследования обстоятельств дорожно-транспортного происшествия (ДТП) [2]. В практике расследования ДТП необходимой является информация о параметрах движения транспортного средства (ТС), влиянии водителя на органы управления, а также месте расположения происшествия [3, 4]. Однако при этом возникает ряд трудностей, в первую очередь связанных с установлением скорости движения ТС и его более точных координат расположения на проезжей части в разные моменты времени [5]. Для решения этой проблемы создаются дополнительные программные комплексы, которые, функционируя в рамках информационной транспортной системы, позволяют получить информацию о техническом состоянии ТС на момент ДТП, его скорости движения, своевременности действий водителя или их отсутствии, направленных на предотвращение или снижение тяжести последствий ДТП [6].

Наилучшего результата в установлении параметров движения ТС можно достичь, если современные автоматизированные технические средства использовать на всех этапах расследования ДТП, начиная с осмотра места происшествия и заканчивая исследованием механизма ДТП [7, 8]. Для этого надо внедрять и развивать новые методы реконструкции ДТП, такие как: лазерное сканирование места ДТП [9, 10]; установление параметров движения ТС по данным информационной транспортной системы, записей с различных регистраторов (видеорегистраторов) [11]; компьютерное моделирование процесса развития ДТП [12]. Проблематика вопроса тесно связана с необходимостью разработки нового методического обеспечения для экспертов-автотехников, которые до сих пор вынуждены использовать и давать ссылки на методики 80–90 гг. прошлого столетия. За это время существенно изменилась конструкция ТС, улучшилась их динамика, повысилась эффективность торможения. Благодаря антиблокировочным системам при экстренном торможении ТС перестали оставлять на дорожном покрытии следы юза от заблокированных колес [13]. Все перечисленное ставит под сомнение правильность применения устаревших методик по отношению к современным ТС. Эти противоречия до конца не решены и в современной экспертной литературе [14].

Целью работы является повышение точности при определении скорости движения ТС и установлении его координат расположения на проезжей части во время реконструкции ДТП путем применения автоматизированных технических средств. Основные задачи связаны с разработкой метода определения скорости движения и координат расположения ТС по данным записи с видеорегистраторов. Объект исследования – процесс развития механизма ДТП. Предмет исследования – параметры движения ТС. Методы исследования: для повышения точности и достоверности изучения места ДТП и повреждений ТС применен метод лазерного сканирования; для повышения точности оценки параметров движения ТС использован способ анализа данных с видеорегистратора; при разработке и решении детерминированной математической модели по оценке скорости движения ТС использованы метод дифференцирования и интегрирование функции; для подтверждения достоверности теоретических обоснований проведены экспериментальные исследования.

Применение лазерного сканирования при исследовании места дорожно-транспортного происшествия и установлении характера повреждений транспортных средств

Система лазерного сканирования при использовании в автотехнической экспертизе должна удовлетворять следующим требованиям: иметь высокую разрешительную способность, производительность и точность измерения; быть портативной с возможностью оперативного развертывания и установления; позволять работать в условиях низких температур, дождя, плохой видимости и освещенности; отображать следы на дороге; выполнять измерение размеров местности и объектов.

В данное время при документировании ДТП лазерные 3D-сканеры только начали использоваться в системе МВД Украины и стран СНГ. Так, на вооружении экспертных подразделений МВД Украины находятся лазерные сканеры FARO® Laser Scanner Focus 3D производства США. Основные технические характеристики этого комплекса: диапазон сканирования 0,6–120,0 м; скорость измерений 122000/244000/488000/976000 точек за секунду; погрешность измерения ±2 мм на 25 м; рабочая зона по вертикали 305°; рабочая зона по горизонтали 360°; вертикальная и горизонтальная разделительные способности 0,009° (40960 3D-точек на 360°); максимальная вертикальная скорость сканирования (обращение зеркала) 5800 об/мин, или 97 Гц; встроенная камера до 70 Мп в цвете; хранение данных по типу файлов SD, SDHC™, SDXC™; 32GB; управление сканером с помощью сенсорного дисплея или ноутбука через соединение bluetooth; время работы от батареи до 5 ч; габариты 240×200×100 мм; масса 5 кг.

Апробация лазерного сканирования обстоятельств ДТП проводилась в условиях криминалистического полигона Харьковского НИЭКЦ МВД. Сначала было смоделировано ДТП, связанное с наездом на пешехода (рис. 1a). Сканирование места ДТП проводится с нескольких позиций. Количество точек сканирования (позиций) напрямую зависит от расположения объектов друг от друга, которые необходимо зафиксировать при документировании ДТП. Между сканером и объектом должны отсутствовать препятствия. Перед началом сканирования нужно установить сферы белого цвета таким образом, чтобы они попадали в поле действия сканера хотя бы из двух позиций сканирования. Указанные сферы в дальнейшем служат ориентирами, которые позволяют программному обеспечению полученные сканированные точки из разных позиций соединить в одно целое, создавая при этом 3D-картинку. В зависимости от качества сканирования процесс сканирования с одной позиции может длиться от 2 до 30 мин. Среднее время сканирования ДТП занимает около 9–15 мин. Технология лазерного сканирования позволяет выполнять измерение расстояний непосредственно по облаку сканированных точек, поскольку каждая точка имеет свой набор координат X, Y, Z. Таким образом, можно получить размеры деформации автомобиля, который принимал участие в ДТП, длину и ширину следов юза или царапин на асфальте, расстояние от ориентира и базовой линии до объектов ДТП. На сканированном изображении, на котором нанесены размеры между объектами в метрах, заданные расстояния программа показывает в виде пунктирной линии и флажка (рис. 1b).

a b



Рис. 1. Осмотр места дорожно-транспортного происшествия: a – фотофиксация; b – сканированное изображение

Fig. 1. Inspection of road traffic accident place: a – photographic evidence; b – scanned image

Кроме того, появляется возможность разворачивать «сцену ДТП» под необходимым ракурсом, например по направлению движения ТС, которое совершило наезд на пешехода. В противоположность фотографическим и графическим методам, при которых эксперты делают снимки и фиксируют графически объекты выборочно, согласовываясь с собственным видением ситуации на месте события, метод лазерного сканирования допускает полное покрытие съемкой всего места события. Все это позволяет составить более объективную картину расположения объектов после ДТП, точно определить всевозможные расстояния и размеры для дальнейшей реконструкции и моделирования механизма ДТП. При использовании сканера практически отпадает необходимость измерять рулеткой выбранные расстояния с дальнейшим нанесением размеров в масштабе на схеме ДТП, поскольку все необходимые размеры с более высокой точностью можно определять непосредственно по результатам сканирования.

Также исследовалась возможность использования лазерного сканирования при проведении транспортно-трассологической экспертизы, в данном случае взаимные механические повреждения ТС после их доставки на штрафную площадку (рис. 2a). После сканера файлы передаются к ноутбуку, где с помощью специальной программы Scene 5.0 все полученные файлы соединяются в одно целое – круговую фотопанораму на 360°. Это позволяет создать виртуальную трехмерную картину происшествия с видами сверху, снизу, по бокам и потом детально проанализировать ситуацию (рис. 2b). Сканированные изображения повреждений ТС могут быть использованы при моделировании их взаимного расположения во время первичного контакта для определения угла удара и характера столкновения.

a b



Рис. 2. Трассологические исследования столкновения двух транспортных средств:
a – фото транспортных средств после столкновения; b – сканированное изображение транспортных средств

Fig. 2. Trace evidence analysis on collision of two transport facilities:
a – photo of transport facilities after collision; b – scanned image of transport facilities

На основании выполненного экспериментального моделирования разных видов ДТП и исследований повреждений ТС была разработана методика использования лазерного сканирования для реконструкции ДТП.

Определение скорости движения и расстояний по данным с видеорегистратора

Скорость движения ТС – это один из основных параметров, который значительно влияет на возникновение и развитие механизма ДТП. Установление скорости движения ТС в процессе исследования ДТП имеет ключевое значение. Для фиксирования движения ТС, дорожной обстановки наиболее широкое распространение получили видеорегистраторы. Некоторые их модели имеют GPS-модуль, с помощью которого в «картинку» встраивается информация о числовых координатах и скорости ТС. Такие данные позволяют точнее установить место ДТП. Видеорегистраторы могут фиксировать 30, 60, 120 кадров за секунду. Угол обзора одной его камеры может быть от 90 до 160°. Качество съемки видеорегистратора имеет существенное влияние на возможность дальнейшего использования данных видеозаписи при установлении обстоятельств ДТП.

Во время экспертной работы при использовании данных с видеорегистраторов были выявленные такие проблемы:

- при отсутствии интегрированного в видеорегистратор навигатора скорость движения ТС не фиксируется;
- при наличии интегрированного в систему навигатора скорость движения ТС фиксируется с существенным опозданием (на несколько секунд). Возможен, например, такой случай, когда ТС уже остановилось, а по данным навигатора скорость движения только начала уменьшаться;
- большинство видеорегистраторов не фиксируют замедление-ускорение ТС.

Для определения скорости движения ТС по данным видеорегистратора были выполнены экспериментальные исследования. Эксперименты проводились на трех автомобилях (BMW 520, Skoda Fabia, Daewoo Lanos) в светлое время суток, без внешних осадков. Во время экспериментов использовались видеорегистратор Globex HC-104, GPS-навигатор Pioneer, рулетка, ноутбук и программное обеспечение (например, киностудия Windows Live или Sony Vegas Pro 10 (11)). По результатам экспериментов получены видеофайлы, на которых зафиксированы движения автомобилей на разных участках дороги. Для определения средней скорости автомобиля необходимо найти начальный и конечный ориентиры фрагмента на видеофайле. Такими ориентирами могут быть столбы, столбики, деревья, кустарники, инженерные сооружения вдоль дороги, а также дорожная разметка и знаки. Дальше с помощью программного обеспечения определялось время движения автомобиля между установленными начальным и конечным ориентирами. Расстояние между ориентирами измерялось с помощью рулетки. По установленным параметрам (времени t и расстоянию S) рассчитана средняя скорость движения ТС. Кроме того, для оценки точности расчетов во время испытательных заездов регистрировались показания скорости ТС по спидометру и по GPS-навигатору. Результаты установления скорости движения ТС сведены в табл. 1.

Таблица 1

Сравнительный анализ результатов определения скорости движения транспортных средств по видеозаписи, навигации и спидометру

Comparative analysis of results pertaining to determination of transport facility speed according to video-recording, navigation and speedometer

Марка транспортного средства	Скорость, км/ч		Расчет скорости по видеозаписи, км/ч	Погрешность		Расстояние между ориентирами, м
	по GPS-навигатору	по спидометру		абсолютная, км/ч	относительная, %	
Skoda Fabia	54	55	55,38	0,38	0,70	70
Skoda Fabia	60	60	62,22	2,22	3,57	70
Skoda Fabia	70	70	72,22	2,22	3,07	70
Daewoo Lanos	53	55	54,21	1,21	1,44	100
Daewoo Lanos	63	65	62,71	1,71	3,52	100
BMW 520	51	50	51,87	0,87	3,60	33
BMW 520	40	40	37,05	3,00	7,50	35

В выполненных экспериментальных исследованиях (табл. 1) при скорости автомобиля 50 км/ч относительная погрешность не превышала 3,6 %, абсолютная погрешность составила 0,87 км/ч. При скорости 40 км/ч относительная погрешность не превышала 7,5 %, а абсолютная погрешность составила 3 км/ч.

Для определения скорости движения ТС в процессе экстренного торможения по данным с видеорегистратора воспользуемся формулой для расчета установившегося замедления ТС

$$j = \frac{g}{\delta}\left[\cos\lambda\left(\frac{\varphi}{k_e} + f\right) \pm \sin\lambda\right], \qquad (1)$$

где j – установившееся замедление ТС, м/с^2; g – ускорение свободного падения, м/с^2; δ – коэффициент учета вращающихся масс; λ – угол продольного наклона проезжей части, град; φ – коэффициент сцепления колес с дорогой; k_e – то же эффективности торможения; f – то же сопротивления качению.

Значение коэффициента сцепления φ определяется экспериментально на месте происшествия с помощью соответствующих приборов. При отсутствии экспериментальных данных величину φ выбирают по таблицам в зависимости от типа и состояния покрытия проезжей части. Коэффициент эффективности торможения k_e учитывает степень использования суммарной силы сцепления заторможенных колес с поверхностью проезжей части, т. е. несоответствие фактических тормозных сил на колесах силам сцепления. Коэффициенты учета вращающихся масс δ и сопротивления качению f показывают, что экстренное торможение осуществляется без блокировки колес за счет использования антиблокировочной системы.

Для того чтобы учесть изменения скорости от времени, запишем математическую модель динамики торможения ТС в дифференциальном виде

$$-\frac{dv}{dt} = \frac{g}{\delta}\left[\cos\lambda\left(\frac{\varphi}{k_e} + f\right) \pm \sin\lambda\right], \qquad (2)$$

или с начальными условиями:

$$\begin{cases} -\dfrac{dv}{dt} = \dfrac{g}{\delta}\left[\cos\lambda\left(\dfrac{\varphi}{k_e} + f\right) \pm \sin\lambda\right], \\ v(0) = v_0, \end{cases} \qquad (3)$$

где v_0 – скорость ТС в начале торможения с максимальным замедлением, м/с^2; t – интервал времени в установившейся фазе торможения, с.

Далее выразим скорость ТС

$$\begin{cases} dv = -\dfrac{g}{\delta}\left[\cos\lambda\left(\dfrac{\varphi}{k_e} + f\right) \pm \sin\lambda\right]dt, \\ v(0) = v_0 \end{cases} \qquad (4)$$

и возьмем неопределенный интеграл

$$\begin{cases} \int dv = -\dfrac{g}{\delta}\left[\cos\lambda\left(\dfrac{\varphi}{k_e} + f\right) \pm \sin\lambda\right]\int dt + C, \\ C = v(0) = v_0. \end{cases} \qquad (5)$$

После интегрирования получим выражение для расчета скорости движения ТС в разные моменты времени

$$v = v_0 - \frac{g}{\delta}t\left[\left(\frac{\varphi}{k_e} + f\right)\cos\lambda \pm \sin\lambda\right]. \qquad (6)$$

Если эксперту необходимо решить обратную задачу и произвести вычисления скорости с момента остановки ТС, прокручивая обратно видеозапись, то математическую модель (2) с начальными условиями можно записать как:

$$\begin{cases} \dfrac{dv}{dt} = \dfrac{g}{\delta}\left[\cos\lambda\left(\dfrac{\varphi}{k_e} + f\right) \pm \sin\lambda\right], \\ v(0) = 0. \end{cases} \qquad (7)$$

После решения математической модели (7) в общем виде получим

$$v = \frac{g}{\delta}t\left[\left(\frac{\varphi}{k_e} + f\right)\cos\lambda \pm \sin\lambda\right]. \qquad (8)$$

Ключом решения уравнений (6) и (8) является соответственно прямой и обратный отсче-

ты значения времени *t*, которое берется по данным с видеорегистратора.

Кроме определения скорости движения ТС, важная задача реконструкции ДТП – установление расстояний (координат):

- расположение участников ДТП относительно границ проездной части в разные моменты времени;
- расположение места столкновения (наезда) относительно границ проезжей части;
- траектория движения участников ДТП и др. [2, 9, 10].

Анализ видеозаписи ДТП при определенных условиях позволяет сделать стоп-кадры (скриншоты), которые в дальнейшем могут быть использованы при проведении фототехнического исследования с целью определения расстояний (координат расположения ТС). Например, для установления расположения левого габарита автомобиля Kia Optima относительно границы проезжей части в определенный момент времени был сделан скриншот с видеозаписи, показанный на рис. 3.

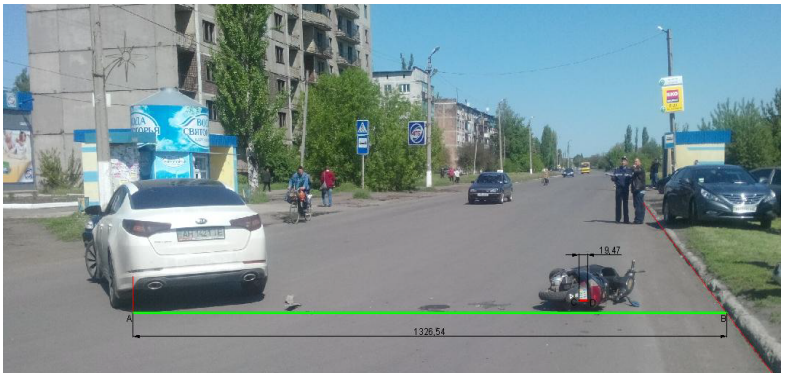


Рис. 3. Определение расстояния от заднего левого габарита автомобиля Kia Optima до границы проезжей части на стоп-кадре

Fig. 3. Determination of distance from rear left vehicle part Kia Optima to carriageway boundary using still picture

Исследуемый кадр помещали в графический редактор AutoCAD, позволяющий проводить измерения. В редакторе определено расстояние в условных единицах (1326,54), на котором располагался задний левый габарит автомобиля относительно края проезжей части. Далее определялся объект, который будет служить масштабной основой для вычисления. Таким объектом стала табличка номерного знака мопеда. Ее действительная высота 0,114 м (согласно ДСТУ 3650:2004 «Дорожный транспорт. Знаки номерные транспортных средств. Общие технические условия», высота номерного знака подтипа 3-1 составляет 114 мм) (рис. 4).



Рис. 4. Размеры номерного знака согласно ДСТУ 3650:2004

Fig. 4. Dimensions of license plate according to National Standards of Ukraine 3650:2004

В AutoCAD высота номерного знака составляет 19,47 условных единиц. Отсюда и пропорция, из которой определяется, что задний левый габарит автомобиля Kia Optima расположен от правого края проезжей части на расстоянии

$$x = \frac{0{,}114 \cdot 1326{,}54}{19{,}47} = 7{,}7 \text{ м}.$$

Для определения расстояния от переднего габарита Kia Optima до края проезжей части на стоп-кадре (рис. 5) за масштабную основу взята ширина проезжей части, которая составляет, согласно постановлению, 12,2 м. В AutoCAD это соответствовало 614,82 условных единиц.

Передний левый габарит располагается от края проезжей части на расстоянии 141,25 условной единицы. В метрах это расстояние

$$x = \frac{12{,}2 \cdot 141{,}25}{614{,}82} = 2{,}8 \text{ м}.$$

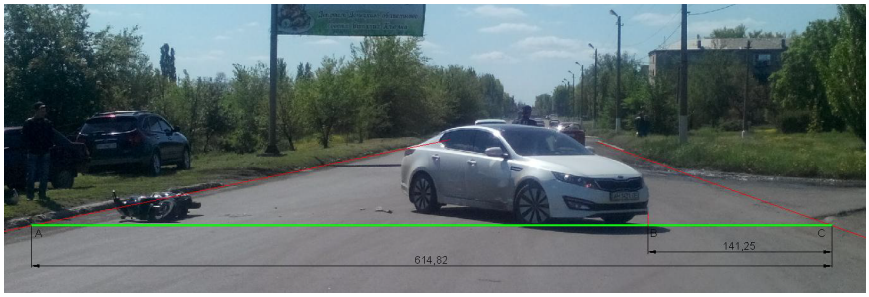


Рис. 5. Определение расстояния от переднего левого габарита автомобиля Kia Optima до границы проезжей части на стоп-кадре

Fig. 5. Determination of distance from front left vehicle part Kia Optima to carriageway boundary using still picture

Таким образом, по данным нескольких известных размеров, путем дополнительных графических построений и составления пропорций представляется возможным точно определить координаты расположения ТС на фото- и видеоизображении в различные моменты времени в процессе реконструкции ДТП. Проверка выполненных расчетов расстояний на местности показала погрешность, которая не превышает 3–5 %.

В отличие от существующих способов исследования обстоятельств ДТП, которые предусматривают определение исходных данных для расчетов путем опрашивания свидетелей и обвиняемого, предложенная методика более объективная, наглядная и технически способная.

ВЫВОДЫ

1. Разработано методическое обеспечение исследования места дорожно-транспортного происшествия и повреждений транспортных средств с использованием лазерного сканера. Это позволяет обеспечить эффективную и качественную фиксацию следов и объектов, выполнить более полный сбор данных за меньший интервал времени (20–30 мин – в зависимости от количества объектов и площади сканирования). Данные лазерного сканирования дают возможность в любое время сделать все необходимые измерения самых важных элементов места ДТП и поврежденных объектов без дополнительных исследований и сбора данных с абсолютной погрешностью, которая не превышает 2 мм на каждые 25 м. Наличие сканированного изображения места ДТП и повреждений транспортных средств в трехмерном виде позволяет более точно моделировать характер и угол сближения транспортных средств перед столкновением во время проведения транспортно-трассологических исследований и анализа обстоятельств ДТП.

2. Разработано методическое обеспечение определения параметров движения транспортных средств по данным записей с видеорегистраторов. Установлено, что погрешность измерения скорости движения транспортных средств будет зависеть от качества изображения видеозаписи, протяженности исследуемого участка и диапазона возможных скоростей. В выполненных экспериментальных исследованиях при установлении скорости движения транспортных средств относительная погрешность не превышала 3,6–7,5 %, абсолютная – 0,87–3,00 км/ч. Относительная погрешность будет тем больше, чем меньше диапазон скорости движения транспортных средств и длина участка. Кроме того, разработанная методика позволяет более точно определить координаты расположения транспортных средств на фото- и видеоизображении
в различные моменты времени в процессе реконструкции ДТП с погрешностью, не превышающей 3–5 %.

3. Предложена математическая модель, которая позволяет рассчитать скорость движения транспортных средств в процессе торможения в различные моменты времени по данным записи с видеорегистратора. В отличие от известных экспертных формул эту модель можно использовать при отсутствии следов торможения (юза) на дорожном покрытии, когда транспортное средство оборудовано современной антиблокировочной системой тормозов.

ЛИТЕРАТУРА

1. Капский, Д. В. Развитие автоматизированной системы управления дорожным движением Минска как части интеллектуальной транспортной системы города / Д. В. Капский, Д. В. Навой // Наука и техника. 2017. Т. 16, № 1. С. 38–48. https://doi.org/10.21122/2227-1031-2017-16-1-38-48.
2. Голубов, С. Г. О внедрении в Украине международного опыта применения средств фото- и видеофиксации нарушений правил дорожного движения / С. Г. Голубов // Вестник Харьковского национального автомобильно-дорожного университета. Харьков: ХНАДУ, 2013. Вып. 61–62. С. 19–23.
3. Сараев, А. В. Информационная система анализа и исследования дорожно-транспортных происшествий / А. В. Сараев // Управление проектами, системный анализ и логика. Киев: НТУ, 2013. Вып. 12. С. 163–169.
4. Ананьєв, П. О. Реєстратор даних про події («Even Data Recorder») – нове джерело отримання інформації про параметри руху транспортного засобу під час дорож-

ньо-транспортної пригоди (інформаційний лист) / П. О. Ананьев, Ю. В. Пясецкий. Киев: ГНИЭКЦ МВД Украины, 2011. 40 с.
5. Исследования дорожно-транспортного происшествия с использованием современной информационной системы / А. В. Сараев [и др.] // Актуальные направления научных исследований XXI века: теория и практика: сб. науч. тр. Воронеж: ВГЛТА, 2014. Т. 2, № 3–1. С. 297–306.
6. Застосування інтелектуальної інформаційної системи моніторингу і прогнозування параметрів технічного стану при дослідженні обставин дорожньотранспортних пригод / В. П. Волков [и др.] // Сб. науч. тр. Государственного экономико-технологического университета транспорта. Сер.: Транспортные системы и технологии. Киев: ГЭТУТ, 2017. Вып. 30. С. 73–83.
7. Данец, С. В. Применение автоматизированных средств исследования обстоятельств ДТП / С. В. Данец // Вестник ХНАДУ: сб. науч. тр. 2013. Вып. 61–62. С. 190–194.
8. Сараєв, О. В. Новітні технології дослідження обставин дорожньо-транспортної пригоди / О. В. Сараєв // Вестник Национального транспортного университета, Киев. 2013. Вып. 28. С. 405–414.
9. Системи лазерного сканування. Документування обставин дорожньотранспортних пригод (інформаційний лист) / сост. С. И. Перлин, С. А. Шевцов, О. Б. Кучерявенко, С. А. Буряк. Харьков: ГНИЭКЦ МВД Украины в Харковской обл., 2011. 44 с.
10. Данец, С. В. Застосування новітніх технологій лазерного сканування під час огляду місця дорожньо-транспортної пригоди / С. В. Данец // Криміналістичний вісник. 2014. Вып. 2, № 22. С. 166–171.
11. Данець, С. В. Відеореєстратори як джерело отримання вихідних даних для проведення автотехнічних досліджень / С. В. Данець // Криміналістичний вісник. 2016. Вып. 2, № 26. С. 160–167.
12. Туренко, А. Н. Автотехническая экспертиза. Исследование обстоятельств ДТП / А. Н. Туренко, В. И. Клименко, А. В. Сараев. Харьков: ХНАДУ, 2013. 320 с.
13. Туренко, А. М. Оцінка ефективності гальмування транспортного засобу в структурі дослідження дорожньо-транспортної пригоди: монографія / А. М. Туренко, О. В. Сараєв. Харьков: ХНАДУ, 2015. 360 с.
14. Совершенствование методов автотехнической экспертизы при дорожно-транспортных происшествиях / В. П. Волков [и др.]. Харьков: ХНАДУ, 2010. 476 с.

Поступила 04.04.2018
Подписана в печать 09.07.2018
Опубликована онлайн 30.05.2019

REFERENCES

1. Kapskiy D. V., Navoy D. V. (2017) Development of Automated Road Traffic Control Systems in Minsk as Part of Intellectual City Transport System. *Nauka i Tekhnika = Science and Technique*, 16 (1), 38–48 (in Russian). https://doi.org/10.21122/2227-1031-2017-16-1-38-48.
2. Golubov S. G. (2013) About Implementation in Ukraine International Experience Concerning Application of Photo- and Videofixation of Traffic Rules Violations. *Vestnik Khar'kovskogo Natsional'nogo Avtomobil'no-Dorozhnogo Universiteta: Sb. Nauch. Tr. = Bulletin of Kharkiv National Automobile and Highway University: Collection of Research Papers*. Kharkiv, Kharkov National Automobile and Highway University, 61–62, 19–23 (in Russian).
3. Saraev A. V. (2013) Information System for Analysis and Investigation of Road Accidents. *Upravlinnya Proektami, Sistemnii Analiz i Logistika = Projects Management, System Analysis and Logistics*. Kiev, National Technical University, 12, 163–169 (in Russian).
4. Ananyev P. O., Pyasetsky Yu. V. (2011) *Accident Data Recorder – New Source of Information about Movement Parameters of Transport Facility During Road Traffic Accident (Datasheet)*. Kiev, Publishing House of the State Scientific Research Forensic Centre (SSRFC) of the Ministry of Internal Affairs of Ukraine, 40 (in Ukrainian).
5. Saraev A. V., Danets S. V., Komov E. A., Volkov Yu. V. (2014) Investigations of Road Accident while Using Modern Information System. *Aktual'nye Napravleniya Nauchnykh Issledovanii XXI veka: Teoriya i Praktika: Sb. Nauch. Tr.* [Actual Directions of Scientific Research of the XXI Century: Theory and Practice: Collection of Research Papers]. Voronezh, Voronezh State University of Forestry and Technologies, 2 (3–1), 297–306 (in Russian).
6. Volkov V. P., Saraєv O. V., Gritsuk I. V., Gritsuk Yu. V., Danets' S. V. (2017) Application of Intelligent Information System for Monitoring and Forecasting Parameters of Technical Condition while Investigating Circumstances of Road Accidents. *Sb. Nauch. Tr. Gosudarstvennogo Ekonomiko-Tekhnologicheskogo Universiteta Transporta. Seriya: Transportnye Sistemy i Tekhnologii* [Collection of Research Papers, State Economy and Technology University of Transport. Series: Transport Systems and Technologies]. Kiev, SETUT, (30), 73–83 (in Ukrainian).
7. Danets S. V. (2013) Application of Smart Tools for Investigation of Circumstances Pertaining to Road Traffic Accidents. *Vestnik Khar'kovskogo Natsional'nogo Avtomobil'no-Dorozhnogo Universiteta: Sb. Nauch. Tr. = Bulletin of Kharkiv National Automobile and Highway University: Collection of Research Papers*. Kharkiv, Kharkov National Automobile and Highway University, 61–62, 190–194 (in Ukrainian).
8. Saraev O. V. (2013) New Technologies for Investigation of Circumstances on Road Traffic Accident. *Vestnik Natsional'nogo Transportnogo Universiteta = Bulletin of the National Transport University*, Kiev, (28), 405–414 (in Ukrainian).
9. Perlin S. I., Shevtsov S. O., Kucheriavenko O. B., Buriak S. A. (2011) *Systems of Laser Scanning. Recording of Circumstances on Road Traffic Accidents (Datasheet)*. Kharkiv, Scientific Research Forensic Centre Affiliated with Main Department of the Ministry for the Interior of the Ukraine in Kharkiv Province. 44 (in Ukrainian).
10. Danets S. V. (2014) Application of New Laser Scanning Technologies during Inspection of Road Accident Place. *Kriminalistichnii Visnik* [Criminalistic Bulletin], 2 (22), 166–171 (in Ukrainian).
11. Danets S. V. (2016) Video Recorders as Source of Output Data for Carrying Out Autotechnical Research. *Kriminalistichnii Visnik* [Criminalistic Bulletin], 2 (26), 160–167 (in Ukrainian).
12. Turenko A. N., Klimenko V. I., Saraev A. V. (2013) *Autotechnical Expertise. Investigation of Circumstances on Road Traffic Accidents*. Kharkov, Kharkiv National Automobile and Highway University. 320 (in Russian).
13. Turenko A. N., Saraev O. V. (2015) *Estimation of Vehicle Braking Efficiency while Studying of Road Traffic Accidents*. Kharkov, Kharkiv National Automobile and Highway University. 360 (in Ukrainian).
14. Volkov V. P. [et al.] (2010) *Improvement of Methods for Auto-Technical Expertise in Road Traffic Accidents*. Kharkov, Kharkiv National Automobile and Highway University. 476 (in Ukrainian).

Received: 04.04.2018
Accepted: 09.07.2018
Published online: 30.05.2019