

A STUDY OF THE INFLUENCE OF INPUT PARAMETERS ON OUTPUT RESULTS FOR THE DELTA V METHOD²¹

Assoc. Prof. Daniel Lyubenov, PhD

Department of Transport,
"Angel Kanchev" University of Ruse
Phone: (+359) 082 888 605
E-mail: dliubenov@uni-ruse.bg

Eng. Filip Kirilov, PHD Student

Department of Transport,
"Angel Kanchev" University of Ruse
Phone: 0885/004356
E-mail: fkirilov@uni-ruse

Abstract: The inspection of the accident scene and the vehicles, the study of different traces and findings, the determination of the dynamic parameters of the movement, the choice of different methods, quantities and dependencies are the main tasks of the expert. Measurement of vehicle deformations is an important point in the expert study of road accidents. In expert practice, it is very important for experts to know the influence of different input parameters on outputs. Knowledge of this can improve the analysis of the accident and the quality of the expertise. This paper presents a study of the effect of the depth of deformation and mass of the vehicle on the speed of a real accident.

Keywords: Vehicle Accident Reconstruction, Delta V Method, Collision Speed.

ВЪВЕДЕНИЕ

Експертизата е част от наказателно-процесуалното производство по пътнотранспортните произшествия (ПТП) с убити и ранени. Нейното място в този процес се определя от Наказателно-процесуалния кодекс. Експертизата се извършва с помощта на методите и средствата на научните изследвания, съчетани с логическия анализ и инженерни изчисления (Gelkov, J., & Lyubenov, D., 2014).

Огледът на мястото на ПТП и превозните средства, изследването на различни следи и находки, определянето на динамичните параметри на движение, изборът на различни методи, величини и зависимости са основни задачи на експерта при изследването на ПТП. (Lyubenov, D., & Gelkov, J., 2017; Lyubenov, D., Kostadinov, S., & Kirilov F., 2018).

Субективната преценка на различните експерти при това може да окаже съществено значение в определени съдебни казуси.

ИЗЛОЖЕНИЕ

Правилното измерване на деформациите по автомобилите е съществен момент от експертното изследване на ПТП от вида удар в неподвижно препятствие. В експертната практика е много важно експертите да познават тежестта на влияние на различните входни параметри върху изходните резултати. Познаването на това може да подобри анализът на ПТП и качеството на изготвяните експертизи.

За изследване тежестта на влияние на различните входни параметри е разработена експертна система за определяне на скоростите на автомобили, базирана на енергийния метод (Lyubenov, D., Mateev, V., & Kirilov, F., 2018; Wood, D., 1992; Brach, R., & Brach, M., 2011). Експертна система е разработена на обектно-ориентирания и платформено независим език за

²¹ Докладът е представен на сесия на 25 октомври 2019 с оригинално заглавие на български език: ИЗСЛЕДВАНЕ ВЛИЯНИЕТО НА ВХОДНИ ПАРАМЕТРИ ВЪРХУ ИЗХОДНИТЕ РЕЗУЛТАТИ ПРИ МЕТОДА DELTA V

програмиране – Java, което дава възможност на приложението да се изпълнява на всяка платформа с инсталирана на нея виртуална машина на Java, както като самостоятелно приложение, така и да бъде интегрирано в уеб-страница под формата на аplet и да е достъпно в Интернет.

На фиг. 1 е представена част от сновния прозорец на експертната система, която се ползва за това изследване.

EXPERT SYSTEM for Vehicle Accident Reconstruction						
Transformed kinetic energy						
	d ₁ , cm	d ₂ , cm	d ₃ , cm	d ₄ , cm	d ₅ , cm	d ₆ , cm
Vehicle 1	44	38	32	26	25	22
Vehicle 2	0	20	69	50	26	0

	m, kg	W, m	A	B	α
Vehicle 1	1265	1.66	324	45.1	10
Vehicle 2	1000	2.15	175	45.7	30

New calculation

	E, N.m	ΔV, m/s	ΔV, km/h
Vehicle 1	57355.43	11.04	39.73
Vehicle 2	117098.06	13.96	50.25

Фиг. 1. Експертната система за изследване на ПТП

Математичен модел

За конкретното изследване е използван следния математичен модел:

- преобразуваната кинетична енергия за всеки от автомобилите по време на удара и еквивалентната скорост на автомобила се изчисляват по зависимостите

$$E = (1 + \tan^2 \alpha) \frac{L}{5} [Z + X + C] \quad (1)$$

$$Z = \frac{A}{2} (d_1 + 2d_2 + 2d_3 + 2d_4 + 2d_5 + d_6) \quad (2)$$

$$X = \frac{B}{6} (d_1^2 + 2d_2^2 + 2d_3^2 + 2d_4^2 + 2d_5^2 + d_6^2 + d_1d_2 + d_2d_3 + d_3d_4 + d_4d_5 + d_5d_6) \quad (3)$$

$$C = 2.5A^2 / B \quad (4)$$

$$V = \sqrt{2E / m} \quad (5)$$

където E е преобразуваната кинетична енергия за деформация на автомобила по време на удара; α - ъгълът между повърхнината на автомобила и вектора на скоростта; L - ширината на деформацията, m ; d_{1-6} – дълбочините на деформациите, измерени в 6 сечения, cm ; A и B – коефициентите за коравина на конструкцията, N/cm и N/cm^2 ; V - еквивалентната скорост на автомобила в началото на удара, m/s^2 ; m - масата на автомобила.

Тежестта на влияние на различните входни параметри върху изходните резултати ще бъде изследвана на примера на реално произшествие в България. На 12.03.2012 г., около 15:00 часа на бул. „Христо Ботев“ в гр. Русе е настъпило ПТП, при което лек автомобил е напуснал платното за движение и се е ударил в бетонна колона. Пътната настилка е от асфалт, суха към момента на ПТП. Времето е било ясно. Произшествието е настъпило в светлата част от денонощието.

За определяне на механизма на произшествието и възможността за предотвратяването му е необходимо да бъде определена скоростта на автомобила в различни моменти. Съществен момент от изследването е изчисляването на скоростта в началото на удара.

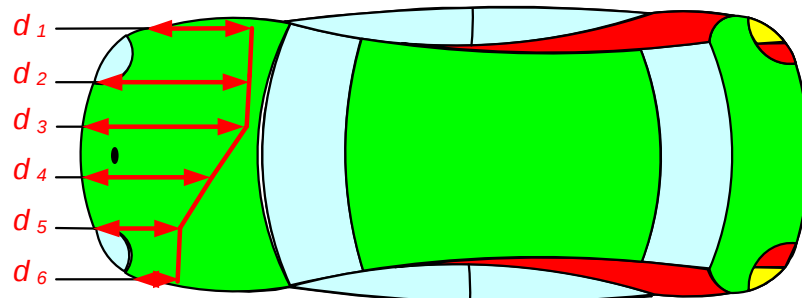
За изчисляване на скоростта в началото на удара са необходими следните данни: масата на автомобила m , kg ; ширината на деформацията L , m ; ъгълът между нормалата към повърхнината на удара и вектора на ударния импулс α , $^{\circ}$; дълбочините на деформациите в шест равно отдалечени сечения d_{1-6} , cm ; коефициентите за коравина на конструкцията A и B , N/cm и N/cm^2 ; Тези данни се определят от материалите по делото, техническа литература и измервания по автомобилите (табл. 1).

При огледа на автомобила бяха измерени деформациите по предната страна на автомобила, получени от удара в бетонната колона. Широчината на деформацията е по цялата предна страна на автомобила. Данните за дълбочината на деформациите по процесния автомобил, получени в резултат на удара са представени в табл. 1.

Таблица 1. Изходни данни за изчисленията

m , kg	L , m	α , $^{\circ}$	d_1 , cm	d_2 , cm	d_3 , cm	d_4 , cm	d_5 , cm	d_6 , cm
1300	1,75	0	80	100	110	90	60	30

На фиг. 2 е представена схема на деформациите по автомобила. Деформациите с най-голяма дълбочина са в предната дясна част.



Фиг. 2. Схема на деформациите по автомобила

В зависимост от вида на удара и надлъжната база WB на автомобилите се определят коефициентите за коравина на конструкцията A и B (табл. 2).

Таблица 2. Коефициенти за коравина на конструкцията

Вид на удара	WB, mm	A, N/cm	B, N/cm ²
Челен	2500	324	45,1

Съгласно описания математичен модел (1-5) резултатите за преобразуваната кинетична енергия и скоростта в началото на удара са представени в табл. 3.

Таблица 3. Резултати за енергията и скоростта на автомобила

E, Nm	V, m/s	V, km/h
341120	22,90	82,50

Изследване влиянието на дълбочината на деформациите

Измерването на деформациите по автомобилите е съществен момент от експертното изследване на ПТП. Възниква въпросът до каква точност следва да се измерват и какво влияние оказва това на изходните резултати. В тази връзка е проведено изследване влиянието на дълбочината на деформациите върху изходните резултати за разглежданото произшествие.

Направени са симулации на изчисленията при увеличаване и намаляване големините на деформациите със стъпка 5,0 cm. В табл. 4 са представени резултатите за влиянието на дълбочината на деформациите върху изходните резултати за разгледания пример.

Таблица 4. Влияние на дълбочината на деформациите върху скоростта

Стъпка, cm	E, Nm	V, m/s	V, km/h
+ 30	590170	30,10	108
+ 25	543729	28,90	104
+ 20	499261	27,70	100
+ 15	456766	26,50	95
+ 10	416244	25,30	91
+ 5	377696	24,10	87
Базови стойности	341120	22,90	83
- 5	306518	21,70	78
- 10	273889	20,50	74
- 15	243233	19,30	70
- 20	214550	18,20	65
- 25	187840	17,00	61
- 30	163103	15,80	57

Изразени в проценти спрямо базовите стойности, резултатите за скоростта в началото на удара (*km/h*) са представени в табл. 5.

Таблица 5. Изменение на скоростта в проценти

Увеличаване на деформацията	Стъпка, cm					
	5	10	15	20	25	30
Увеличаване на скоростта, %	4,8	9,6	14,5	20,5	25,3	30,1
Намаляване на деформацията	Стъпка, cm					
	5	10	15	20	25	30
Намаляване на скоростта, %	6,0	10,8	15,7	21,7	26,5	31,3

Изследване влиянието на масата на автомобила

Често в материалите по делото няма точна информация за пълната маса на превозните средства, участвали в ПТП (превозван товар, инструменти, консумативи, наличие на уредба за втечнен газ и др.). Когато при изчисленията не се ползва точната маса на автомобилите възникват въпроси относно степента на влияние на масата при определяне на скоростта на автомобила.

Направена е симулация за казуса, разгледан по-горе. При тази симулация е използвана стъпка 50 kg. В табл. 6 са представени резултатите за влиянието на масата върху изходните резултати.

Таблица 6. Влияние на масата на автомобила върху скоростта

Стъпка, kg	Маса, kg	V, m/s	V, km/h
+ 300	1600	20,6	74
+ 250	1550	21,0	76
+ 200	1500	21,3	77
+ 150	1450	21,7	78
+ 100	1400	22,1	79
+ 50	1350	22,5	81
Базови стойности	1300	22,90	83
- 50	1250	23,4	84
- 100	1200	23,8	86
- 150	1150	24,4	88
- 200	1100	24,9	90
- 250	1050	25,5	92
- 300	1000	26,1	94

Изразени в проценти спрямо базовите стойности, резултатите за влиянието на масата върху скоростта в началото на удара (*km/h*) са представени в табл. 7.

Таблица 7. Изменение на скоростта в проценти

Увеличаване на масата	Стъпка, kg					
	50	100	150	200	250	300
Намаляване на скоростта, %	2,4	4,8	6,0	7,2	8,4	10,8
Намаляване на масата	Стъпка, kg					
	50	100	150	200	250	300
Увеличаване на скоростта, %	1,2	3,6	6,0	8,4	10,8	13,2

Анализът на направените изследвания за влиянието на дълбочината на деформациите за конкретния пример показва, че неправилното измерване на деформациите може да доведе до грешно определени скорости както следва: увеличаването на деформациите с 30 cm води до увеличаване на скоростта от 83 km/h на 108 km/h (около 30%), а при намаляване на деформациите с 30 cm - скоростта намалява от 83 km/h на 57 km/h (около 31%). Може да се каже, че за този пример промяната на деформациите с 5 cm води до промяна на скоростта с около 4 km/h.

Анализът на направените изследвания за влиянието на масата на автомобила показва, че неправилното определена масата може да доведе до грешно определени скорости както следва: увеличаването на масата с 300 kg води до намаляване на скоростта от 83 на 74 km/h (около 11%), а при намаляване на масата с 300 kg - скоростта нараства от 83 на 94 km/h (около 13%). Може да се каже, че за този пример промяната на масата с 50 kg води до промяна на скоростта с около 2 km/h.

ИЗВОДИ

Представен е метематичен модел за определяне на скоростта на автомобил по деформациите при удар в твърди препятствия.

Изследвано е влиянието на дълбочината на деформациите върху скоростта в началото на удара на примера на реално произшествие.

Установено е, че промяната на деформациите по автомобила с 5 cm води до промяна на скоростта с около 4 km/h за изследваното ПТП.

Изследвано е влиянието на масата на автомобила върху скоростта в началото на удара на примера на реално произшествие.

Установено е, че промяната на масата с 50 kg води до промяна на скоростта с около 2 km/h за изследваното ПТП.

Изследванията са подкрепени по договор на Русенски университет "Ангел Кънчев" с № BG05M2OP001-2.009-0011-C01, „Подкрепа за развитието на човешките ресурси в областта на научните изследвания и иновации в Русенски университет "Ангел Кънчев", финансиран по Оперативна програма „Наука и образование за интелигентен растеж“ 2014-2020”, съфинансирана от Европейския социален фонд на Европейския съюз“.

Докладът отразява резултати от работата по проект № 2019 - ФТ - 02, финансиран от фонд „Научни изследвания“ на Русенския университет.

REFERENCES

Brach R., M. Brach (2011). *Vehicle Accident Analysis and Reconstruction Methods*.

Gelkov, J., & Lyubenov D. (2014). *Traffic safety*. RU, Ruse. (**Оригинално заглавие:** Гелков, Ж.Р., Любенков Д., 2014. *Безопасност на движението*. РУ, Русе).

Lyubenov, D., Gelkov, J. (2017). *Road Accidents Analysis and Reconstruction*. RU, Ruse. (**Оригинално заглавие:** Любенков Д., Гелков Ж., 2017. *Анализ и реконструкции на пътнотранспортните произшествия*. РУ, Русе).

Lyubenov, D., Mateev, V., & Kirilov, F. (2018). *An Energy Method Based Expert System for Vehicle Accident Reconstruction*. X International Conference Transport Problems 2018, Poland, p. 431-438.

Lyubenov, D., Kostadinov, S., Kirilov F. (2018). *Collision Speed Estimation Using a Different Mathematical Models*. Proceedings of University of Ruse, Volume 57, Book 4, p. 89-94

Wood, D. (1992). *Collision Speed Estimation Using a Single Normalised Crush Depth-Impact Speed Characteristic*, SAE Technical Paper 920604.