

ПОВЫШЕНИЕ ТОЧНОСТИ РАСЧЕТА СКОРОСТИ ДВИЖЕНИЯ В МОМЕНТ ДТП ПРИ СТОЛКНОВЕНИЯХ С НЕПОЛНЫМ ПЕРЕКРЫТИЕМ ЧАСТИ КУЗОВА АВТОМОБИЛЯ

Е.В. Голов

Санкт-Петербургский государственный
архитектурно-строительный университет,
г. Санкт-Петербург, Россия

АННОТАЦИЯ

Введение. Движение со скоростью, превышающей разрешенную и среднюю скорость транспортного потока, зачастую приводит к столкновению транспортных средств с другими участниками дорожного движения или с элементами обустройства автомобильных дорог. Вследствие чего необходимо установить, был ли факт данного нарушения правил дорожного движения, который привел к возникновению аварийно-опасной дорожно-транспортной ситуации. Используемые методики расчета скорости движения транспортных средств, исходя из полученных ими деформаций, достаточно точны, но данный факт является подлинным в условиях полного перекрытия (удара по всей ширине передней, задней или боковой части кузова). Но возникает научная задача разработки методики, согласно которой эксперт или следователь будет иметь возможность рассчитать среднестатистическое значение измерений глубины деформирования транспортного средства под конкретную дорожно-транспортную ситуацию.

Материалы и методы. В работе предлагается методика оценки возможности использования имеющихся у эксперта данных для расчета путем введения коэффициента вариации глубин внедрения. С помощью коэффициента вариации у специалиста появляется инструмент выбора и игнорирования отдельных измерений глубины внедрения в зависимости от степени перекрытия и от «разброса» значений деформации.

Выводы. Изучив ряд столкновений с неполным перекрытием и исключив «лишние» величины внедрения, была рассчитана скорость, эквивалентная затратам энергии на развитие остаточных деформаций и погрешности (разница между истинной скоростью столкновения и установленной без учета «выпадающих» величин деформаций), и было установлено, что использование алгоритма с учетом коэффициента вариации привело в достаточной степени к точным результатам расчета.

Обсуждение и заключение. Предложенная методика регламентирует использование коэффициента вариации как критерия допустимости применения исходных данных для определения качества конечного результата расчета. Данный математический аппарат применим ко всем столкновениям, но особенно актуален при исследовании столкновений с неполным перекрытием какой-либо части кузова автомобиля.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: дорожно-транспортное происшествие, экспертиза, деформация, скорость, коэффициент вариации, безопасность дорожного движения, столкновение транспортных средств.

Поступила 18.05.21, принята к публикации 30.06.21.

Автор прочитал и одобрил окончательный вариант рукописи.

Прозрачность финансовой деятельности: автор не имеет финансовой заинтересованности в представленных материалах и методах. Конфликт интересов отсутствует.

Для цитирования: Голов, Е.В. Повышение точности расчета скорости движения в момент ДТП при столкновениях с неполным перекрытием части кузова автомобиля / Е.В. Голов. – DOI: <https://doi.org/10.26518/2071-7296-2021-18-3-306-316> // Вестник СибАДИ. – 2021. – Т. 18, № 3(79). – С. 306-316.

© Голов Е.В., 2021



Контент доступен под лицензией
Creative Commons Attribution 4.0 License.

DOI: <https://doi.org/10.26518/2071-7296-2021-18-3-306-316>

IMPROVING THE ACCURACY OF CALCULATING THE SPEED OF MOVEMENT AT THE TIME OF AN ACCIDENT IN COLLISIONS WITH INCOMPLETE OVERLAP OF A PART OF THE CAR

Egor V. Golov

*Saint Petersburg State University of Architecture and Civil Engineering
Russia, Saint Petersburg*

ABSTRACT

Introduction. Driving at a speed exceeding the permitted and average speed of traffic flow often leads to a collision of vehicles with other road users or with elements of the arrangement of highways. As a result, it is necessary to establish whether the fact of this violation of the traffic rules, which led to the occurrence of an emergency-dangerous road traffic situation. The methods used to calculate the speed of vehicles based on the resulting deformations are quite accurate, but this fact is true in conditions of complete overlap (impact across the entire width of the front, rear or side parts of the body). But there is a scientific task of developing a methodology according to which an expert or investigator will be able to calculate the average statistical value of measuring the depth of deformation of a vehicle for a specific road traffic situation.

Materials and methods. The paper proposes a method for evaluating the possibility of using the data available to the expert for calculation by introducing the coefficient of variation of the depth of penetration. With the help of the coefficient of variation, the specialist has a tool for selecting and ignoring individual measurements of the depth of penetration, depending on the degree of overlap and on the 'spread' of the deformation values.

Conclusions. After studying a number of collisions with incomplete overlap and excluding the 'extra' values of penetration, the speed equivalent to the energy cost for the development of residual deformations and errors (the difference between the true collision speed and the established one without taking into account the 'falling out' values of deformations) was calculated and it was found that the use of the algorithm taking into account the coefficient of variation led to sufficiently accurate calculation results.

Discussions. The proposed methodology regulates the use of the coefficient of variation as a criterion for the admissibility of the use of source data to determine the quality of the final result of the calculation. This mathematical device is applicable to all collisions, but is especially relevant when studying collisions with incomplete overlap of any part of the car body.

KEYWORDS: traffic accident, examination, deformation, speed, coefficient of variation, road safety.

Submitted 18.05.21, revised 30.06.21 .

The authors have read and approved the final manuscript.

Financial transparency: the authors have no financial interest in the presented materials or methods. There is no conflict of interest.

For citation: Golov E.V. Improving the accuracy of calculating the speed of movement at the time of an accident in collisions with incomplete overlap of a part of the car. *The Russian Automobile and Highway Industry Journal*. 2021; 18 (3): 306-316. DOI: <https://doi.org/10.26518/2071-7296-2021-18-3-306-316>

© Golov E.V., 2021



Content is available under the license
Creative Commons Attribution 4.0 License.

ВВЕДЕНИЕ

Автомобилизация населения как неотъемлемый фактор развития экономической стабильности общества, несомненно, является показателем финансового роста благосостояния граждан, ведь об этом напрямую свидетельствует увеличение количества транспортных средств на автомобильных дорогах. Но, несмотря на положительный эффект данного социального явления, для самих людей автомобилизация в определенный момент, когда превышает пороговое значение, начинает пагубно сказываться для всего общества – ухудшается экология, повышается интенсивность дорожного движения и увеличивается плотность транспортных потоков. Все это неизменно приводит к увеличению аварийности и дорожно-транспортному травматизму: в Российской Федерации в 2020 г. произошло 145 073 дорожно-транспортных происшествий, в которых погибло 16 152 и пострадало 183 040 чел., в том числе 13 542 умерло и получили увечья 168 250 жителей нашей страны, в ситуациях, где были зафиксированы нарушения Правил дорожного движения водителями транспортных средств – участниками ДТП. Согласно данным Государственной инспекции безопасности дорожного движения, в 2020 г. наиболее частой причиной вынесения постановлений о нарушении ПДД являлось превышение установленной скорости движения транспортных средств – более 124 000 000 раз было зафиксировано данное правонарушение водителями автомобилей¹. Не будет грубым заблуждением заключить, что движение со скоростью, превышающей разрешенную и среднюю скорость транспортного потока, зачастую приводит к столкновению транспортного средства с другими участниками дорожного движения или с элементами обустройства автомобильных дорог. При расследовании дорожно-транспортной ситуации и ее реконструкции необходимо однозначно ответить на вопрос: кто виноват в причинах её возникновения и, соответственно, в последствиях, которые скрывают в себе как минимум порчу имущества граждан или общества (повреждение элементов дорожной среды), а в наиболее трагичных ситуациях – вред здоровью людей вплоть до летального исхода. И, как говорилось выше, чаще всего следует установить,

предшествовало ли возникновению аварийной дорожно-транспортной ситуации превышение скорости водителем транспортного средства. Для этого современной науке известны следующие основные 4 способа:

- исходя из условий дорожной обстановки;
- по длине следов торможения (юз) и волочения, зафиксированных на месте происшествия;
- на основании законов сохранения энергии и количества движения, базирующихся на учёте параметров перемещений («разлёта») ТС после столкновения;
- исходя из полученных транспортными средствами деформаций.

Первые три метода сильно зависят от качества составления первичных материалов о ДТП, наличии современных систем помощи водителю и их работе в момент ДТП, и, к сожалению, честности специалиста, проводящего данное расследование. Таким образом, остается последний способ установления скорости движения в момент столкновения ТС – использование величины остаточных деформаций, явившихся следствием изучаемой аварийной ситуации. Данный способ также хорош тем, что позволяет рассчитать скорость в момент столкновения без учета дополнительных материалов (схемы ДТП, показаний свидетелей), которые могут быть низкокачественными или преднамеренно искаженными. В связи с чем возникает необходимость регламентирования методики, определяющей количество энергетических затрат на развитие деформаций ТС и эквивалентную данным затратам скорость, проверку качества как результата расчета, так и исходных данных, применяемых экспертом.

При использовании данного способа определения затрат энергии эксперт первоначально рассчитывает глубины внедрения (деформации) на 6 точках зоны повреждений, по которым устанавливается среднестатистическое значение глубины деформирования транспортного средства. Расчет производят по формуле^{2,3}

$$C_{AVER} = \frac{\frac{C_1}{2} + \sum_{i=2}^{n-1} C_i + \frac{C_n}{2}}{n-1}. \quad (1)$$

¹ <http://www.gibdd.ru/stat/>

² US Department of Transportation (1986). CRASH 3 Technical Manual. Cambridge: NHTSA

³ Евтюков С.А., Васильев Я.В. Справочник по экспертизе ДТП. Санкт-Петербург, 2015 г.

Данная формула использует принцип расчета средней геометрической глубины внедрения и на протяжении долгих лет демонстрирует высокую точность результатов расчета. Но как было установлено – высокое качество использования такого математического аппарата достигается в ситуациях, изображенных на рисунках 1, 2.

Однако в таблице 1 представлены результаты, когда вышеописанный алгоритм работает некорректно – в большинстве случаев столкновений с неполным перекрытием (остаточные деформации таких ДТС изображены на рисунках 3, 4) расчет скорости, исходя из эквивалентных затрат энергии на разви-

тие полученных деформаций (по алгоритму CRASH3), имеет значительную погрешность⁴ – это наглядно видно при сравнении результатов расчета с подлинной скоростью, на которой автомобиль совершил столкновение с препятствием (столб. 5 – скорость, установленная при выполнении краш-теста с помощью 11 шестисековых датчиков движения – акселерометра, устройства которые измеряют ускорения вдоль осей X,Y,Z, а также угловые скорости). В таблицах 1,2,3 значения C_1 – C_6 означают глубины внедрения (деформации) автомобилей после столкновения по сравнению с их исходным (недеформированным) состоянием в метрах.



Рисунок 1 – Автомобиль Volkswagen Passat, получивший в рамках краш-теста деформации по всей ширине передней части кузова

Figure 1 – Volkswagen Passat crash-tested deformed across the full width of the front body

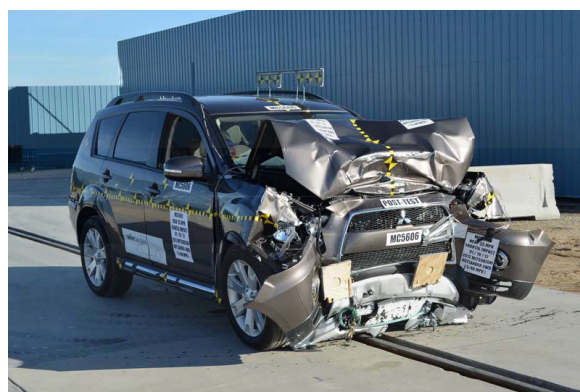


Рисунок 2 – Автомобиль Mitsubishi Outlander, получивший в рамках краш-теста деформации по всей ширине передней части кузова

Figure 2 – Mitsubishi Outlander crash-tested deformed across the full width of the front body

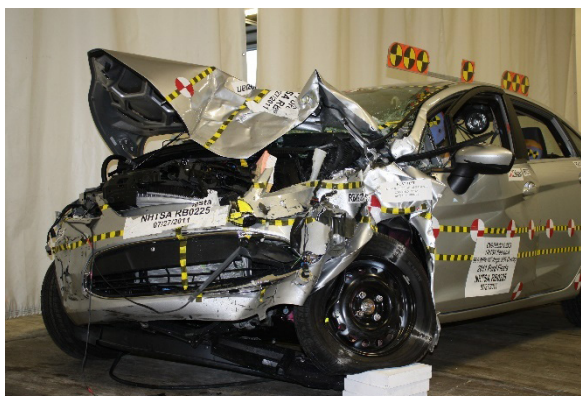


Рисунок 3 – Автомобиль Ford Fiesta, участвующий в краш-тесте с 35%-ным перекрытием (деформирующие силы были приложены только к 35% фронтальной части)

Figure 3 – Ford Fiesta in crash test with 35% overlap (deforming forces were applied to only 35% of the front)



Рисунок 4 – Автомобиль Chevrolet Aveo, участвующий в краш-тесте с 50%-ным перекрытием (деформирующие силы были приложены только к половине фронтальной части)

Figure 4 – Chevrolet Aveo in crash test with 50% overlap (deforming forces were applied to only half of the front)

⁴ <https://www.nhtsa.gov/>

Результаты расчета скорости движения автомобилей, участвовавших в столкновениях с неполным перекрытием

Table 1
Calculation results for speeds of vehicles involved in incomplete overlap collisions

N п/п	№ краш-теста	Модель АТС	Вид удара (степень перекрытия)	Скорость АТС в момент столкновения, км/ч	Ширина измеряемой зоны, м	Отметки, мм						C _{AVERT} , мм	Рассчитанная скорость, км/ч	Погрешность
						C ₁	C ₂	C ₃	C ₄	C ₅	C ₆			
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
1	2397	Ford Mustang	50%	80	1,423	59	328	545	747	709	889	560,6	84,62	5%
2	6295	Chevrolet Aveo	40%	56	1,17	591	541	519	290	152	20	361,5	60,46	7%
3	4660	Toyota Avalon	50%	56,2	1,524	0	773	600	416	218	83	409,7	60,63	7%
4	4501	Dodge Caravan	39%	40,1	1,401	248	263	186	108	38	21	145,9	43,52	8%
5	6296	Chevrolet Aveo	50%	60	1,318	681	589	533	290	115	-37	369,8	66,81	10%
6	4870	Toyota Avalon	40%	56,65	1,038	469	442	423	263	97	-71	284,8	62,67	10%
7	4660	Honda Accord	50%	56,6	1,525	300	240	170	96	26	-43	132,1	66,10	14%
8	5200	Chevrolet Silverado	38,2%	40	1,802	643	573	420	82	55	48	273,1	47,69	16%
9	6275	Chevrolet Silverado	40%	64,1	1,985	1075	1132	835	561	28	-365	582,2	77,07	17%
10	4667	Honda Accord	50%	56,4	1,525	257	250	220	125	35	-173	134,4	69,44	19%
11	6277	Chevrolet Silverado	40%	64,8	2,205	640	804	877	451	-138	-683	394,5	91,31	29%
12	9211	Ford Fiesta	35%	90,12	1,32	690	588	470	339	199	51	393,3	128,22	30%
13	9043	Honda Fit	30%	90,27	1,042	478	426	311	186	70	-6	245,8	135,59	33%
14	8882	Chevrolet Spark	30%	90,02	0,992	281	328	229	142	55	-42	174,7	136,11	34%
15	8791	Honda Odyssey	35%	90,12	1,211	593	496	363	227	82	-74	285,5	138,03	35%
16	9214	Smart Fortwo	30%	90,67	1,43	374	539	468	198	-89	-295	231,1	169,98	47%

Данная проблематика изучается на протяжении всего периода применения алгоритма расчета скорости исходя из полученных транспортными средствами деформаций по 6 точкам внедрения. В основном все исследования, направленные на решение данной задачи, сводятся к использованию методик конечно-элементного моделирования, которое требует не только высокого профессионализма от эксперта, специальных знаний в области метода конечных элементов, навыков работы с конечно-элементными моделями и программами, и, соответственно, электронно-вычислительной техники особо высокой производительности. Также ограниченное использование метода конечных элементов широким кругом специалистов-автотехников обусловлено, помимо самой сложности метода, малой изученностью и отсутствием алгоритмов автоматического разбиения области на «почти равносторонние»

треугольники (погрешность, в зависимости от вариации метода, обратно пропорциональна синусу или самого острого, или самого тупого угла в разбиении). Разумеется, современное мировое научное сообщество успешно решило данную проблему, основываясь на триангуляции для заданного множества точек на плоскости, при которой для любого треугольника все точки за исключением точек, являющихся его вершинами, лежат вне окружности, описанной вокруг треугольника (Триангуляция Делоне), что впоследствии позволило создать полностью автоматические конечно-элементные системы автоматизированного проектирования. Все вышеперечисленное заставляет мировое сообщество, рассматривающее процесс реконструкции ДТП как научную задачу, вести исследования в области разработки и совершенствования методического аппарата, направленного на восстановление картины,

предшествующей развитию аварийной ситуации, и доступного для большинства специалистов, ведущих расследования по материалам дел дорожно-транспортных происшествий.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Ранее было предложено решение данной проблемы путем дифференцирования жесткости, но в ситуациях, где известны только несколько (C_1 – C_6) измерений глубин внедрения по всей ширине передней части автомобиля, алгоритм затрудняется и объем расчетов увеличивается, так как необходимо разделить автомобиль на зоны различной жесткости и рассчитывать затрачиваемую энергию на развитие объемных деформаций в каждой зоне отдельно с учетом индивидуальных коэффициентов жесткости. В связи с чем возникает научная задача разработки методики, согласно которой эксперт или следователь будет иметь возможность рассчитать среднестатистическое значение измерений глубины деформирования транспортного средства под конкретную дорожно-транспортную ситуацию. Целесообразно изучить следующий возможный путь решения данной научной задачи: *Выбор и игнорирование отдельных измерений*

глубины внедрения в зависимости от степени перекрытия и от «разброса» значений деформации.

Первоначально необходимо сравнить степень перекрытия столкновения, «разброс» значений деформации и размер погрешности. Для того чтобы оценить, насколько большое различие между значениями деформаций, следует определить коэффициент вариации (относительное стандартное отклонение), который рассчитывается как отношение стандартного отклонения к среднему арифметическому значению и показывает степень изменчивости измерений глубины внедрения по отношению к средней величине деформации. Результаты данного анализа представлены в таблице 2.

Как видно из таблицы 2, во всех случаях коэффициент вариации достаточно велик, исходя из экспертного опыта, данное значение не должно превышать 35%.

Также были проведены дополнительные исследования влияния коэффициента вариации деформаций на наличие погрешности при расчете затрат кинетической энергии на развитие объемных деформаций – результаты представлены на рисунке 5.

Таблица 2
Коэффициент вариации значений глубины внедрения

Table 2
Coefficient of variation of embedding depth values

№ п/п	№ краш-теста	Степень перекрытия	Диапазон C_1 – C_6 , мм	Погрешность, %	Среднеквадратическое отклонение, мм	Среднее арифметическое, мм	Коэффициент вариации
1	2397	50%	830	5%	306,37	546,167	56%
2	4660	40%	773	7%	302,318	348,333	87%
3	6295	50%	571	7%	234,435	352,167	67%
4	4501	39%	242	8%	104,309	-144	72%
5	4870	50%	540	10%	218,564	270,5	81%
6	6296	40%	718	10%	285,631	361,833	79%
7	4660	50%	343	14%	129,99	131,5	99%
8	5200	38,2%	698	16%	297,426	-285,17	104%
9	6275	40%	1497	17%	600,868	544,333	110%
10	4667	50%	430	19%	166,591	119	140%
11	6277	40%	1560	29%	613,136	325,167	189%
12	9211	35%	639	30%	240,668	389,5	62%
13	9043	30%	484	33%	194,169	244,167	80%
14	8882	30%	370	34%	141,136	165,5	85%
15	8791	35%	667	35%	252,521	281,167	90%
16	9214	30%	834	47%	330,323	199,167	166%

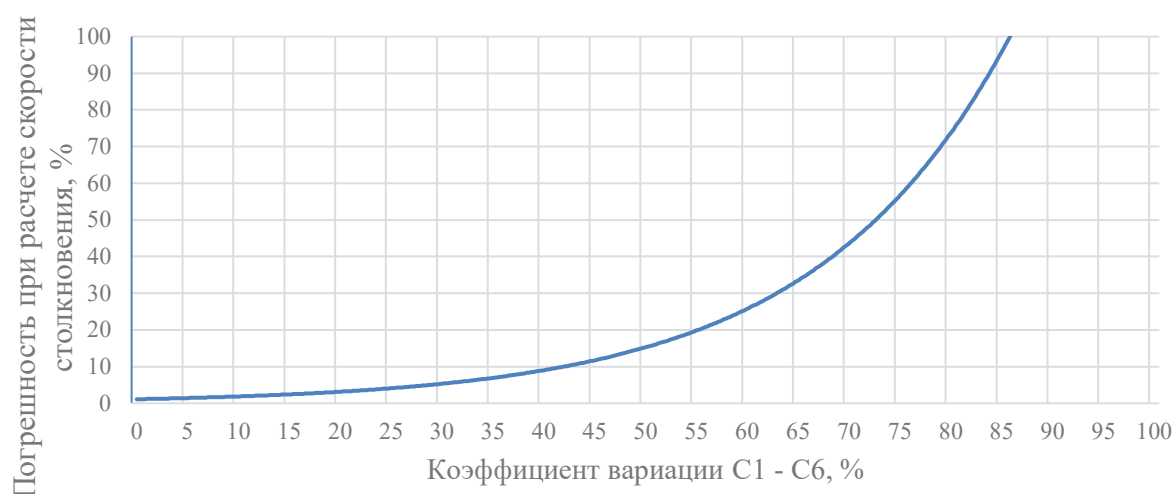


Рисунок 5 – Влияние коэффициента вариации измерений глубин внедрений C_1 – C_6 на результаты расчета скорости автомобиля в момент ДТП

Figure 5 – Effect of intrusion variation coefficient of C1-C6 depth measurements on the results of the car speed calculation at the moment of an accident

Согласно графику, представленному на рисунке 5, коэффициент вариации значительно влияет на качество результата исследования по материалам ДТП, как и говорилось выше, начиная с 30–35% «разброса» величин глубины внедрения погрешность возрастает и превышает 5%, данное значение погрешности не допускается при проведении экспертиз, так как не позволяет дать категоричный ответ на поставленный вопрос о скорости движения транспортного средства в момент столкновения.

Для верификации влияния такого показателя, как «разброс» значений глубины внедрения через коэффициент вариации, следует снизить данный вид статистической оценки путем исключения крайнего значения измеренной деформации (логично не учитывать то значение, которое имеет наибольшее расхождение с максимальной измеренной глубиной внедрения). В таблице 3 жирным шрифтом красного цвета выделены значения C_1 – C_6 , исключаемые для достижения меньшего коэффициента вариации (менее 35%), а также результат расчета скорости транспортного средства в момент столкновения и его сравнение с эталонным.

Полученные результаты (погрешность в расчетах составила не более 2%) позволяют сделать вывод о том, что коэффициент вариации глубины внедрения как инструмент верификации исходных данных для расчета кинетической энергии, затрачиваемой на развитие объемных деформаций, и эквивалентная дан-

ным затратам скорость являются высокоточным методом, рекомендуемым к использованию при реконструкции ДТП.

Предлагаемую методику можно описать следующим образом: при расчете затрат кинетической энергии на объемную деформацию автомобиля, ставшего участником ДТП, необходимо проверить коэффициент вариации (C_v) измерений глубины внедрения на условие

$$C_v \leq 35\%, \quad (2)$$

если данное требование не выполняется, то следует исключить из расчета значения C_1 – C_6 до момента выполнения условия (2), так как невыполнение критерия (2) влечет за собой существенные ошибки при производстве расчетов.

Алгоритм расчета коэффициента вариации представлен ниже

$$C_v = \frac{\sigma}{\mu}, \quad (3)$$

σ – среднеквадратическое отклонение;
 μ – среднее арифметическое.

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum (C_i - \mu)^2}{n - 1}}, \quad (4)$$

$$\mu = \frac{\sum C_i}{n}. \quad (5)$$

РЕЗУЛЬТАТЫ

На следующем этапе исследования были установлены величины внедрения (C_1 – C_6), увеличивающие коэффициент вариации (C_v), и ввиду учета которых его значение превышало 35% – данные точки измерения указаны в таблице 3 жирным курсивным шрифтом красного цвета для каждого из изучаемых краш-тестов. Исключив «лишние» величины внедрения, был установлен коэффициент вариации оставшихся значений (см. столб. 10 таблицы 3) и рассчитана скорость (как говорилось выше, по алгоритму CRASH3), эквивалентная затратам энергии на развитие остаточных деформаций (см. столб. 11 таблицы 3), и, как видно по констатированной погрешности (разница между истинной скоростью столкновения и установленной без учета «выпадающих» величин деформаций), использование методического

аппарата с учетом коэффициента вариации привело в достаточной степени к точным результатам расчета. Тот факт, что полученные значения скоростей с игнорированием определенных деформаций демонстрируют высокий уровень сходимости с истинной скоростью столкновения испытуемого автомобиля с препятствием, подтверждает возможность и необходимость исключения из расчета глубин внедрения с большим разбросом значений не с потерей качества расчета, а повышением его точности. В том числе это связано с использованием формулы средней геометрической при расчете среднестатистического значения глубины деформирования транспортного средства, которая предполагает значительные погрешности при включении в расчет значений широкого диапазона.

Таблица 3
Результаты расчета скорости с коэффициентов вариации менее 35%

Table 3
Speed calculation results with variation coefficients of less than 35%

N п/п	№ краш-теста	Отметки, мм						Эталонная скорость, км/ч	Коэффициент вариации	Рассчитанная скорость, км/ч	Погрешность,
		C_1	C_2	C_3	C_4	C_5	C_6				
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1	2397	59	328	545	747	709	889	80	20%	80,33	0%
2	6295	591	541	519	290	152	20	56,2	30%	56,72	1%
3	4660	0	773	600	416	218	083	56	28%	56,44	1%
4	4501	248	263	186	108	38	21	40,1	18%	40,18	0%
5	6296	681	589	533	290	115	-37	56,65	23%	56,97	1%
6	4870	469	442	423	263	97	-71	60	32%	60,70	1%
7	4660	300	240	170	96	26	-43	56,6	27%	57,04	1%
8	5200	643	573	420	82	55	48	40	21%	40,14	0%
9	6275	1075	1132	835	561	28	-365	64,1	29%	64,92	1%
10	4667	257	250	220	125	35	-173	56,4	29%	56,93	1%
11	6277	640	804	877	451	-138	-683	64,8	27%	65,24	1%
12	9211	690	588	470	339	199	51	90,12	29%	91,38	1%
13	9043	478	426	311	186	07	-6	90,27	21%	90,75	1%
14	8882	281	328	229	142	55	-42	90,02	33%	91,63	2%
15	8791	593	496	363	227	82	-74	90,12	24%	90,75	1%
16	9214	374	539	468	198	-89	-295	90,39	18%	91,58	0%

ОБСУЖДЕНИЕ И ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Таким образом, предложенная методика регламентирует применение коэффициента вариации как критерия допустимости использования исходных данных для определения погрешности конечного результата расчета и данный математический аппарат применим ко всем столкновениям, но особенно актуален при исследовании столкновений с неполным перекрытием какой-либо части кузова автомобиля.

Применение отработанных в результате исследования рекомендаций позволяет повысить точность расчетного определения начальных скоростей движения ТС до соударения на 10...40%, что в пересчёте на численные значения может составлять разницу вплоть до 50 км/ч и позволяет более объективно установить виновность участников ДТП в аварии.

Коэффициент вариации необходимо внедрять в процесс производства расследований по материалам дел о ДТП, так как с его помощью возможно установить качество и достоверность полученного результата расчета, что, с одной стороны, облегчит работу экспертного общества по заключению категорических и истинных выводов о причинах возникновения той или иной дорожно-транспортной ситуации, а с другой стороны, ограничит работу нечистых на руку специалистов, готовых использовать неточности применяющихся методик для получения нужного, а не подлинного результата.

В результате исследования была решена актуальная научная задача, состоящая в совершенствовании методов оценки параметров скорости при проведении дорожно-транспортных экспертиз. В частности, уточнена методика расчётного определения начальных скоростей движения ТС до столкновения. Повышена точность расчётных зависимостей для определения энергетических затрат на развитие деформаций, выполнены экспериментальные исследования в интересах расширения базы знаний по значениям отдельных исходных данных для математического моделирования ДТП, а также по оценке значимости учёта отдельных составляющих энергетических затрат при реконструкции ДТП.

Выбранное научное направление исследования безусловно является перспективным. Оно предполагает оценку поведения автомобилей и их составных элементов в ситуациях внешних деформирующих воздействий различного характера: центральные и нецентральные столкновения, удары по касательной.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Adam Mrowicki, Mateusz Krukowski, Filip Turoboś, Przemysław Kubiak Determining vehicle pre-crash speed in frontal barrier crashes using artificial neural network for intermediate car class. *Transportation Research Procedia* 44, 2020, pp. 219-225 DOI:10.1016/j.forsciint.2020.110179
2. Brylev I., Evtiukov S. Problems of calculating the speed of two-wheeled motor vehicles in an accident. *Transportation Research Procedia* 2018, pp.84-89 DOI: 10.1016/j.trpro.2018.12.047
3. Dario Vangi Energy loss in vehicle to vehicle oblique impact. *International Journal of Impact Engineering* Volume 36, Issue 3, March 2009, pp. 512-521 DOI:10.1016/j.ijimpeng.2008.09.001
4. Evtiukov S., Karelina M., Terentyev A. A method for multi-criteria evaluation of the complex safety characteristic of a road vehicle. *Transportation Research Procedia*, 2018, pp. 149-156 DOI: 10.1016/j.trpro.2018.12.057
5. Evtiukov S., Kurakina E., Lukinskiy V., Ushakov A. Methods of accident reconstruction and investigation given the parameters of vehicle condition and road environment. *Transportation Research Procedia* 12th International Conference «Organization and Traffic Safety Management in Large Cities», 2017, pp. 185-192 DOI: 10.1016/j.trpro.2017.01.049
6. Evtukov S., Golov E., Sazonova T. Prospects of scientific research in the field of active and passive safety of vehicles. *Matec WEB of Conferences* (Siberian Transport Forum - TransSiberia, TS) 2018, pp.04018 DOI: 10.1051/matecconf/201823904018
7. Kurakina E., Evtiukov S., Ginzburg G. Systemic indicators of road infrastructure at accident clusters. *Architecture and Engineering T. 5. № 1. 2020*, pp. 51-58 DOI: 10.23968/2500-0055-2020-5-1-51-58
8. Kurakina E., Evtiukov S., Rajczyk J. Forecasting of road accident in the dvre system. *Transportation research procedia*, 2018, pp. 380-385 DOI: 10.1016/j.trpro.2018.12.111
9. Kurakina E., Evtiukov S. Improvement of the system for accounting of parameters during construction of motor roads. *Architecture and engineering №3*, 2017, pp.34-42 DOI:10.23968/2500-0055-2017-2-3-34-42
10. Kurakina E., Evtiukov S. Results of studying road construction parameters condition. *Architecture and engineering №1*, 2018, pp.29-37 DOI:10.23968/2500-0055-2018-3-1-29-37
11. Ľudmila Macurová, Pavol Kohút, Marek Čopiak, Ladislav Imrich, Miroslav Rédl Determining the Energy Equivalent Speed by Using Software Based on the Finite Element Method. *Transportation Research Procedia* Volume 44, 2020, pp. 219-225 DOI:10.1016/j.trpro.2020.02.050
12. Petrov S., Evtiukov S., Petrova D. Influence of regional features of psycho-emotional state of the Russian society on road accidents severity. *MATEC Web Conf. Volume 239, Siberian Transport Forum - TransSiberia* 2018, pp.06008 DOI: 10.1051/matecconf/201823902009 Przemysław Kubiak Nonlinear approximation method of vehicle velocity

Vt and statistical population of experimental cases. *Forensic Science International* Volume 281, December 2017, pp. 147-151 DOI: 10.1016/j.forsciint.2017.10.032

13. R. Pride, D. Giddings, D. Richens, D. S. McNallya The sensitivity of the calculation of ΔV to vehicle and impact parameters. *Accident Analysis & Prevention* Volume 55, June 2013, pp. 144-153 DOI:10.1016/j.aap.2013.03.002

14. Rajczyk P., Evtiukov S. New technological solutions in improving road safety. *Transportation research procedia*, 2018, pp.649-653 DOI: 10.1016/j.trpro.2018.12.133

15. Rajczyk P., Knapieński M., Kurakina E. The influence of surface topography on the safety of road and utility surfaces. *Transportation Research Procedia*, 2018, pp.640-648 DOI: 10.1016/j.trpro.2018.12.139

16. Repin S., Evtiukov S., Maksimov S. A method for quantitative assessment of vehicle reliability impact on road safety. *Transportation Research Procedia*, 2018, pp.661-668 DOI: 10.1016/j.trpro.2018.12.128

17. Добромиров В.Н., Евтюков С.С., Голов Е.В. Современные технологии первичного осмотра места дорожно-транспортного происшествия // Вестник гражданских инженеров. 2017. № 2(61). С.232–239. DOI: 10.23968/1999-5571-2017-14-2-232-239

18. Добромиров В.Н., Евтюков С.С., Голов Е.В. Организация безопасного дорожного движения на пешеходных переходах // Вестник гражданских инженеров. 2017. № 6(65). С. 265–270 DOI: 10.23968/1999-5571-2017-14-6-265-270

19. Добромиров В.Н., Евтюков С.С., Куракина Е.В. Совершенствование методов оценки безопасности дорожного движения на скоростных автомобильных дорогах // Мир транспорта и технологических машин. 2017. № 1(56). С. 94–100.

20. Евтюков С.С., Голов Е.В. Выбор коэффициентов при определении затрат кинетической энергии на деформацию автомобиля // Вестник гражданских инженеров. 2019. № 1(72). С.152–157 DOI: 10.23968/1999-5571-2019-16-1-152-157

21. Куракина Е.В., Рязанов С.В. Комплексный анализ аварийности и причин ухудшения дорожно-транспортной обстановки // Вестник гражданских инженеров №4 (81). 2020. С.189–196 DOI: 10.23968/1999-5571-2020-17-4-189-196

22. Куракина Е.В., Складорова А.А. Повышение уровня безопасности дорожного движения в системе «Участник дорожного движения – Транспортное средство – Дорога – Внешняя среда» // Вестник СибАДИ. 2020. № 4(74). С.488–499. DOI: 10.26518/2071-7296-2020-17-4-488-499

23. Лутов Д.А., Шиманова А.А. Перспективные направления совершенствования системы обеспечения безопасности дорожного движения в Российской Федерации // Вестник гражданских инженеров. 2018. № 2(67). С. 238–245. DOI: 10.23968/1999-5571-2018-15-2-238-245

24. Петров А.И., Евтюков С.А. Новая антиэнтропийная концепция организованности систем обеспечения безопасности дорожного движения // Вестник гражданских инженеров. 2019. № 1(72). С. 184–193. DOI: 10.23968/1999-5571-2019-16-1-184-193

REFERENCES

1. Adam Mrowicki, Mateusz Krukowski, Filip Turoboś, Przemysław Kubiaka Determining vehicle pre-crash speed in frontal barrier crashes using artificial neural network for intermediate car class. *Transportation Research Procedia* 44, 2020, 219-225 DOI:10.1016/j.forsciint.2020.110179

2. Brylev I., Evtiukov S. Problems of calculating the speed of two-wheeled motor vehicles in an accident. *Transportation Research Procedia* 2018, 84-89 DOI: 10.1016/j.trpro.2018.12.047

3. Dario Vangi Energy loss in vehicle to vehicle oblique impact. *International Journal of Impact Engineering* Volume 36, Issue 3, March 2009, pp. 512-521 DOI:10.1016/j.ijimpeng.2008.09.001

4. Evtiukov S., Karelina M., Terentyev A. A method for multi-criteria evaluation of the complex safety characteristic of a road vehicle. *Transportation Research Procedia*, 2018, 149-156 DOI: 10.1016/j.trpro.2018.12.057

5. Evtiukov S., Kurakina E., Lukinskiy V., Ushakov A. Methods of accident reconstruction and investigation given the parameters of vehicle condition and road environment. *Transportation Research Procedia* 12th International Conference «Organization and Traffic Safety Management in Large Cities», 2017, 185-192 DOI: 10.1016/j.trpro.2017.01.049

6. Evtukov S., Golov E., Sazonova T. Prospects of scientific research in the field of active and passive safety of vehicles. *Matec WEB of Conferences* (Siberian Transport Forum - Transsiberia, TS) 2018, 04018 DOI: 10.1051/mateconf/201823904018

7. Kurakina E., Evtiukov S., Ginzburg G. Systemic indicators of road infrastructure at accident clusters. *Architecture and Engineering T. 5. № 1. 2020*, pp. 51-58 DOI: 10.23968/2500-0055-2020-5-1-51-58

8. Kurakina E., Evtiukov S., Rajczyk J. Forecasting of road accident in the dvre system. *Transportation research procedia*, 2018, 380-385 DOI: 10.1016/j.trpro.2018.12.111

9. Kurakina E., Evtiukov S. Improvement of the system for accounting of parameters during construction of motor roads. *Architecture and engineering* №3, 2017, pp.34-42 DOI:10.23968/2500-0055-2017-2-3-34-42

10. Kurakina E., Evtiukov S. Results of studying road construction parameters condition. *Architecture and engineering* №1, 2018, pp.29-37 DOI:10.23968/2500-0055-2018-3-1-29-37

11. Ľudmila Macurová, Pavol Kohút, Marek Čopiak, Ladislav Imrich, Miroslav Rédl Determining the Energy Equivalent Speed by Using Software Based on the Finite Element Method. *Transportation Research Procedia* Volume 44, 2020, pp. 219-225 DOI:10.1016/j.trpro.2020.02.050

12. Petrov S., Evtiukov S., Petrova D. Influence of regional features of psycho- emotional state of the Russian society on road accidents severity. *MATEC Web Conf. Volume 239, Siberian Transport Forum - TransSiberia* 2018, pp.06008 DOI: 10.1051/mateconf/201823902009 Przemysław Kubiak Nonlinear approximation method of vehicle velocity

Vt and statistical population of experimental cases. Forensic Science International Volume 281, December 2017, pp. 147-151 DOI: 10.1016/j.forsciint.2017.10.032

13. R. Pride, D. Giddings, D. Richens, D. S. McNally The sensitivity of the calculation of ΔV to vehicle and impact parameters. Accident Analysis & Prevention Volume 55, June 2013: 144-153 DOI:10.1016/j.aap.2013.03.002

14. Rajczyk P., Evtukov S. New technological solutions in improving road safety. Transportation research procedia, 2018: 649-653 DOI: 10.1016/j.trpro.2018.12.133

15. Rajczyk P., Knapinski M., Kurakina E. The influence of surface topography on the safety of road and utility surfaces. *Transportation Research Procedia*, 2018, 640-648 DOI: 10.1016/j.trpro.2018.12.139

16. Repin S., Evtukov S., Maksimov S. A method for quantitative assessment of vehicle reliability impact on road safety. *Transportation Research Procedia*, 2018: 661-668 DOI: 10.1016/j.trpro.2018.12.128

17. Dobromirov V.N., Evtukov S.S., Golov E.V. Sovremennye tekhnologii pervichnogo osmotra mesta dorozhno-transportnogo proisshestiya [Modern technologies of the primary inspection of the road accident place]. *Bulletin of Civil Engineers*, 2017, 2(61): 232-239 DOI: 10.23968/1999-5571-2017-14-2-232-239 (in Russian)

18. Dobromirov V.N., Evtukov S.S., Golov E.V. Organizatsiya bezopasnogo dorozhnogo dvizheniya na peshekhodnyh perekhodah [Organization of safe traffic at pedestrian crossings]. *Bulletin of Civil Engineers* 6(65) 2017, pp. 265-270 DOI: 10.23968/1999-5571-2017-14-6-265-270 (in Russian)

19. Dobromirov V.N., Evtukov S.S., Kurakina E.V. Sovershenstvovanie metodov ocenki bezopasnosti dorozhnogo dvizheniya na skorostnyh avtomobil'nyh dorogah [Improving safety assessment methods of traffic on high-speed roads]. *Mir transporta I tekhnologicheskikh mashin* 2017, 1(56): 94-100 (in Russian)

20. Evtukov S.S., Golov E.V. Vybora koefitsientov pri opredelenii zatrat kineticheskoy energii na deformatsiyu avtomobilya [Selection of coefficients at determining the cost of kinetic energy cost on the vehicle deformation]. *Bulletin of Civil Engineers* 2019, 1 (72): 152-157 DOI: 10.23968/1999-5571-2019-16-1-152-157 (in Russian)

21. Kurakina E.V., Riazanov S.V. Kompleksnyy analiz avariynosti i prichin uhdsheniya dorozhno-transportnoj obstanovki [Comprehensive analysis of accident rate and causes of complication of road traffic

situation]. *Bulletin of Civil Engineers* 2020, 4 (81):189-196 DOI: 10.23968/1999-5571-2020-17-4-189-196 (in Russian)

22. Elena V. Kurakina, Anastasia A. Sklyarova Povyshenie urovnya bezopasnosti dorozhnogo dvizheniya v sisteme «Uchastnik dorozhnogo dvizheniya – Transportnoe sredstvo – Doroga – Vneshnyaya sreda» [Road safety improvement in road traffic participant – vehicle – road – external environment system]. *The Russian Automobile and Highway Industry Journal* 2020, (74): 488-499 DOI: 10.26518/2071-7296-2020-17-4-488-499 (in Russian)

23. Lutov D.A., Shimanova A.A. Perspektivnye napravleniya sovershenstvovaniya sistemy obespecheniya bezopasnosti dorozhnogo dvizheniya v Rossijskoj Federacii [Perspective directions of improving the traffic safety system in the Russian Federation]. *Bulletin of Civil Engineers* 2018, 2(67): 238-245 DOI: 10.23968/1999-5571-2018-15-2-238-245 (in Russian)

24. Petrov A.I., Evtukov S.A. Novaya antientropijnaya koncepciya organizovannosti sistem obespecheniya bezopasnosti dorozhnogo dvizheniya [A new anti-entropic conception of forming the road traffic safety provision systems]. *Bulletin of Civil Engineers* 2019. 1(72): 184-193 DOI: 10.23968/1999-5571-2019-16-1-184-193 (in Russian)

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРЕ

Голов Егор Викторович – ассистент кафедры наземных транспортно-технологических машин автомобильно-дорожного факультета Санкт-Петербургского государственного архитектурно-строительного университета, аспирант. Scopus ID: 57205082951, ORCID: 0000-0002-0316-7258, Researcher ID: AAP-4576-2021 (190005, г. Санкт-Петербург, 2-я Красноармейская ул., д. 4, egorgoloff@yandex.ru).

INFORMATION ABOUT THE AUTHORS

Egor V. Golov (St. Petersburg, Russia) – Assistant of the Land Transport and Technological Machines Department, Automobile and Road-building Faculty, Saint Petersburg State University of Architecture and Civil Engineering, Postgraduate student. Scopus ID: 57205082951, ORCID: 0000-0002-0316-7258, Researcher ID: AAP-4576-2021 (Russia, 190005, Saint Petersburg, 4 Vtoraya Krasnoarmeyskaya street egorgoloff@yandex.ru).