

DOI: 10.34220/2311-8873-2023-107-119



УДК 629.331

UDC 629.331

2.9.5 – эксплуатация автомобильного транспорта

ПРИМЕНЕНИЕ ЦИФРОВЫХ АЛГОРИТМОВ ПРИ ОПТИМИЗАЦИИ ПРОЦЕССА РАССЛЕДОВАНИЯ ДОРОЖНО-ТРАНСПОРТНЫХ ПРОИСШЕСТВИЙ

✉¹ **Лазарев Дмитрий Александрович**, к.т.н, доцент кафедры эксплуатации и организации движения автотранспорта, Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова, г. Белгород, e-mail: avtotech31@mail.ru

Гринякин Руслан Валентинович, аспирант кафедры организации перевозок и безопасности движения, Воронежский государственный лесотехнический университет имени Г.Ф. Морозова, г. Воронеж, e-mail: RV.Grinyakin90@yandex.ru

Стрекалов Дмитрий Павлович, аспирант кафедры эксплуатации и организации движения автотранспорта, Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова, г. Белгород, e-mail: Strekalovdp@yandex.ru

Шаталов Евгений Владимирович, к.т.н., доцент кафедры организации перевозок и безопасности движения, Воронежский государственный лесотехнический университет имени Г.Ф. Морозова, г. Воронеж.

Аннотация. В настоящее время очень активно развивается цифровизация сфер жизнедеятельности человека. Данный тренд не обошел стороной и транспортную сферу. Это продиктовано тем, что сложность вычислительных процессов, необходимых для обслуживания сферы транспорта, возрастает кратно с увеличением автотранспорта на уличной дорожной сети (УДС). Вследствие этого возрастает нагрузка на УДС, что влечет за собой

APPLICATION OF DIGITAL ALGORITHMS TO OPTIMIZE THE PROCESS OF INVESTIGATION OF ROAD ACCIDENTS

✉¹ **Lazarev Dmitry Aleksandrovich**, candidate of engineering sciences, associate professor at the departments of operation and traffic management of the Belgorod state technological university named after V.G. Shukhov, Belgorod, e-mail: avtotech31@mail.ru

Grinyakin Ruslan Valentinovich, postgraduate at the department of transportation organization and traffic safety, Voronezh state forestry engineering university named after G.F. Morozov, Voronezh, e-mail: RV.Grinyakin90@yandex.ru

Strekalov Dmitry Pavlovich, postgraduate at the department of operation and traffic management of the Belgorod state technological university named after V.G. Shukhov, Belgorod, e-mail: Strekalovdp@yandex.ru

Shatalov Evgeniy Vladimirovich, candidate of technical sciences, associate professor of the department of transportation organization and traffic safety, Voronezh state forestry engineering university named after G.F. Morozov, Voronezh.

Annotation. Digitalization of human activity sphere is developing very actively nowadays. This trend has not bypassed the transport sector. It is dictated by the fact that the complication of computational processes, imperative for servicing the transport sector, increases with the vehicles growth on the road network. As a result, the road network load increases, which entails the road accidents growth. Using digital calculation capabilities and algorithms of typical versions,

увеличение количества дорожно-транспортных происшествий (ДТП). При применении цифровых возможностей расчета и алгоритмов типовых сценариев процесс расследования ДТП занимает на порядок меньше времени, а точность расчетов увеличивается, позволяя совершать больше экспертных операций.

the process of investigating an accident takes less time, and the accuracy of calculations increases, allowing more expert operations to be performed.

Ключевые слова: ЦИФРОВАЯ МОДЕЛЬ, УЛИЧНО-ДОРОЖНАЯ СЕТЬ, ДОРОЖНО-ТРАНСПОРТНОЕ ПРОИСШЕСТВИЕ, СКОРОСТЬ АВТОМОБИЛЯ, РАССЛЕДОВАНИЕ ДТП.

Keywords: DIGITAL MODEL, ROAD NETWORK, TRAFFIC ACCIDENT, CAR SPEED, ACCIDENT INVESTIGATION.

¹ Автор для ведения переписки

1 Состояние вопроса исследования и актуальность работы

Рост автомобилизации в стране ускоряет логистические процессы в жизнедеятельности общества. Одновременно с этим происходит неизбежный рост потерь экономики от дорожно-транспортных событий, связанных с всевозможными видами происшествий (наездов на пешеходов, столкновений ТС, опрокидываний и т.д.) [1]. Возрастающий темп, связанный с процессом автомобилизации (да и в общем, от научного прогресса), не обходит стороной деятельность экспертных подразделений, которые сопровождают процесс расследования дорожно-транспортных происшествий. С увеличением количества происшествий растет потребность в количестве исследований их обстоятельств, что увеличивает нагрузку на экспертные учреждения, специализирующиеся на этом виде исследований. В этом случае на помощь могут прийти методы автоматизации математических процессов [2].

2 Материалы и методы

На текущий момент в автотехнических исследованиях к основным видам расчетов можно отнести расчет скорости движения транспортных средств. Основные варианты расчетов данных категорий для простоты восприятия приведены в табл. 1 [3-6, 8].

Таблица 1 – Основные виды расчетов при автотехнических исследованиях

Вид расчета	Формула расчета
1	2
Определения скорости движения автомобиля	$V_a = 1,8 \cdot j_1 \cdot t_3 + \sqrt{26 \cdot (j_1 \cdot S_1 + \dots + j_2 \cdot S_2 + \dots + j_n \cdot S_n)}$ (1)
Расчет скорости ТС при его движении по последовательным участкам с разными коэффициентами сцепления шин с дорожным покрытием	<p>А) $tg\lambda > \frac{B}{L}$; Б) $tg\lambda = \frac{B}{L}$;</p> <p>В) $tg\lambda < \frac{B}{L}$; Г) $\lambda = 90^\circ$;</p>

1	2
<p>Расчет скорости ТС при его движении по последовательным участкам с разными коэффициентами сцепления шин с дорожным покрытием</p>	<p>Если А:</p> $V_a = 1,8 \cdot j_1 \cdot t_3 + \sqrt{26 \cdot (S_{цт1} \cdot j_1 + \dots + \frac{B}{\operatorname{tg} \lambda} \cdot \frac{2 \cdot a \cdot \phi_1 + b \cdot (\phi_1 + \phi_2)}{2 \cdot L + h_{цт} \cdot (\phi_1 - \phi_2)} \cdot g + \dots + \left(L - \frac{B}{\operatorname{tg} \lambda} \right) \cdot \frac{a \cdot \phi_1 + b \cdot \phi_2}{L + h_{цт} \cdot (\phi_1 - \phi_2)} \cdot g + \dots + \frac{B}{\operatorname{tg} \lambda} \cdot \frac{2 \cdot b \cdot \phi_2 + a \cdot (\phi_1 + \phi_2)}{2 \cdot L + h_{цт} \cdot (\phi_1 - \phi_2)} \cdot g + \dots + S_{цт2} \cdot j_2)}$ <p>Если Б:</p> $V_a = 1,8 \cdot j_1 \cdot t_3 + \sqrt{26 \cdot (S_{цт1} \cdot j_1 + \dots + L \cdot \frac{2 \cdot a \cdot \phi_1 + b \cdot (\phi_1 + \phi_2)}{2 \cdot L + h_{цт} \cdot (\phi_1 - \phi_2)} \cdot g + \dots + L \cdot \frac{2 \cdot b \cdot \phi_2 + a \cdot (\phi_1 + \phi_2)}{2 \cdot L + h_{цт} \cdot (\phi_1 - \phi_2)} \cdot g + S_{цт2} \cdot j_2)}$ <p>Если В:</p> $V_a = 1,8 \cdot j_1 \cdot t_3 + \sqrt{26 \cdot (S_{цт1} \cdot j_1 + \dots + L \cdot \frac{2 \cdot a \cdot \phi_1 + b \cdot (\phi_1 + \phi_2)}{2 \cdot L + h_{цт} \cdot (\phi_1 - \phi_2)} \cdot g + \dots + \left(\frac{B}{\operatorname{tg} \lambda} - L \right) \cdot \frac{\phi_1 + \phi_2}{2} \cdot g + \dots + L \cdot \frac{2 \cdot b \cdot \phi_2 + a \cdot (\phi_1 + \phi_2)}{2 \cdot L + h_{цт} \cdot (\phi_1 - \phi_2)} \cdot g + S_{цт2} \cdot j_2)}$ <p>Если Г:</p> $V_a = 1,8 \cdot j_1 \cdot t_3 + \sqrt{26 \cdot (S_{цт1} \cdot j_1 + \dots + L \cdot \frac{a \cdot \phi_1 + b \cdot \phi_2}{L + h_{цт} \cdot (\phi_1 - \phi_2)} \cdot g + S_{цт2} \cdot j_2)}$
<p>Расчет скорости при непостоянном торможении</p>	<p>При незначительном оттормаживании:</p> $V_a = 1,8 \cdot j_a \cdot t_3 + \sqrt{26 \cdot j_a \cdot S_{ю} + \dots + \sqrt{26 \cdot S_k \cdot j_k - 4 \cdot 3 \cdot (j_a - j_k) \cdot j_k \cdot t_5^2 + \dots + 1,8 \cdot (j_a - j_k) \cdot t_5^2}}$

1	2
	<p>При незначительном оттормаживании:</p> $V_a = 1,8 \cdot j_a \cdot t_3 + \sqrt{26 \cdot j_a \cdot S_{ю} + \dots + \sqrt{26 \cdot S_{к} \cdot j_{к} - 4,3 \cdot (j_a - j_{к}) \cdot j_{к} \cdot t_5^2 + \dots} + 1,8 \cdot (j_a - j_{к}) \cdot t_5]^2}$ <p>При значительном разрыве в следах торможения:</p> $V_a = 1,8 \cdot j_a \cdot t_3 + \sqrt{26 \cdot j_a \cdot S_{ю1} + (1,8 \cdot (j_a - j_{к}) \cdot t_5 + \dots + \sqrt{26 \cdot S_{к} \cdot j_{к} - 4,3 \cdot (j_a - j_{к}) \cdot j_{к} \cdot t_5^2 + \dots} + (1,8 \cdot j_a \cdot t_3 + \sqrt{26 \cdot j_a \cdot S_{ю2}})^2)^2}$ <p>При отсутствии расстормаживания:</p> $V_a = 1,8 \cdot j_a \cdot t_3 + \sqrt{26 \cdot j_a \cdot S_{ю1} + \dots + [\sqrt{26 \cdot S_{ю2} \cdot j_a + 3,6 \cdot \lambda_2 (t_5 + t_3) \cdot j_a \cdot (1 - 0,5 \cdot \lambda_2)}]^2}$
<p>Расчет скорости при наличии разворота автомобиля</p>	$V_a = 1,8 \cdot j_a \cdot t_3 + \dots + \sqrt{26 \cdot \left(j_a \cdot S_{ю} + j_{\sigma} \cdot S_{цт} + j_{\sigma} \cdot L \cdot \frac{\alpha \cdot \pi}{360} \right)}$
<p>Обозначения:</p> <p>t_2 – время срабатывания тормозного привода, сек;</p> <p>t_3 – время нарастания (замедления), сек;</p> <p>$j_{1,2...n}$ – замедление транспортного средства в соответствии с преодолеваемыми участками по ходу передвижения, м/сек²;</p> <p>$S_{1,2...n}$ – длина одного участка, который характеризуется соответствующим покрытием коэффициентом сцепления, м;</p> <p>$j_1(j_a)$ – замедление транспортного средства на первом участке торможения, м/сек²;</p> <p>B – размерность колеи транспортного средства, м;</p> <p>L – колесная база автомобиля, м;</p> <p>$S_{цт1}$ – перемещение центра масс транспортного средства на первом участке, м;</p> <p>a – расстояние от центра масс до передней оси, м;</p> <p>b – расстояние от центра масс до задней оси, м;</p> <p>$h_{цт}$ – высота центра масс транспортного средства, м;</p> <p>$\varphi_{1,2...n}$ – коэффициенты сцепления транспортного средства в соответствии с преодолеваемыми участками по ходу передвижения;</p> <p>λ – величина угла между осевой линией кузова транспортного средства и границей пересекаемых участков с разными коэффициентами сцепления;</p> <p>$S_{к}$ – перемещение центра масс транспортного средства в состоянии движения без торможения, м;</p> <p>$j_{к}$ – замедление транспортного средства в состоянии движения без торможения, м/сек²;</p> <p>t_5 – время оттормаживания, сек (для гидравлического привода принимается равным 0,3 сек, а для пневматического привода – $2 \cdot t_2$);</p>	

λ_p – степень растормаживания;
 S_p – разрыв между отобразившимися следами торможения транспортного средства, м;
 $S_{ю}$ – перемещение центра масс транспортного средства до начала участка бокового скольжения, м;
 $j_{б}$ – замедление транспортного средства в состоянии бокового скольжения, м/сек² ($j_{б} = 0,8 \cdot j_a$);
 α – угол разворота кузова транспортного средства относительно центра масс, град.

3 Результаты исследований

Для автоматизации расчета скорости движения транспортных средств по различным сценариям составлена блок-схема, которая скомпилирована в программу на языке программирования «C++» и реализована на базе Rad Studio 11 [11-15].

Для удобства работы с программой был выбран оконный интерфейс, который обеспечивает понятную и удобную навигацию для удобства расчета (рис. 1).

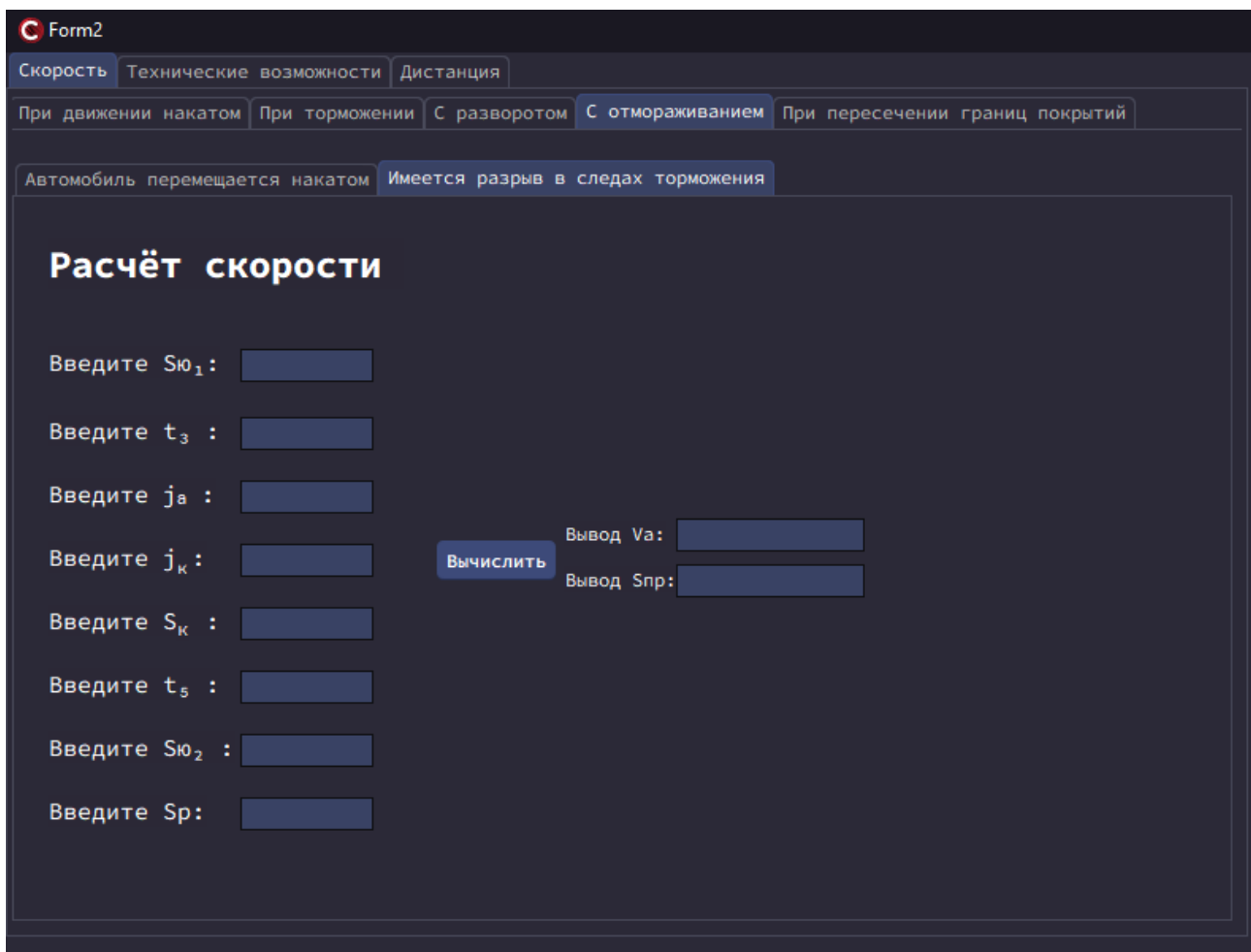


Рисунок 1 – Интерфейс программы

Алгоритм расчетов сценариев в виде блок-схем представлен на рис. 2-5 [10].

Для проверки работоспособности программы были использованы несколько примеров реальных дорожно-транспортных происшествий.

Пример фабулы дорожно-транспортного происшествия: «** июля 202* года около 19 часов 25 минут Н**** В. С., управляя автомобилем Skoda Octavia, государственный регистрационный знак *****31 RUS, передвигался по автодороге со стороны пос. Волоконовка в направлении г. Шебекино и на 33 км +25 метров автодороги Белгород-Волоконовка на территории Шебекинского района Белгородской области совершил наезд на пешехода Т**** Д. Ф., пересекавшую проезжую часть слева направо по ходу движения автомобиля. В результате дорожно-транспортного происшествия пешеходу Т**** Д. Ф. были причинены повреждения, от которых она впоследствии скончалась в больнице.»

С целью определения адекватности модели расчет вначале был проведен стандартным способом путем расчета вручную с использованием рекомендованных методик.

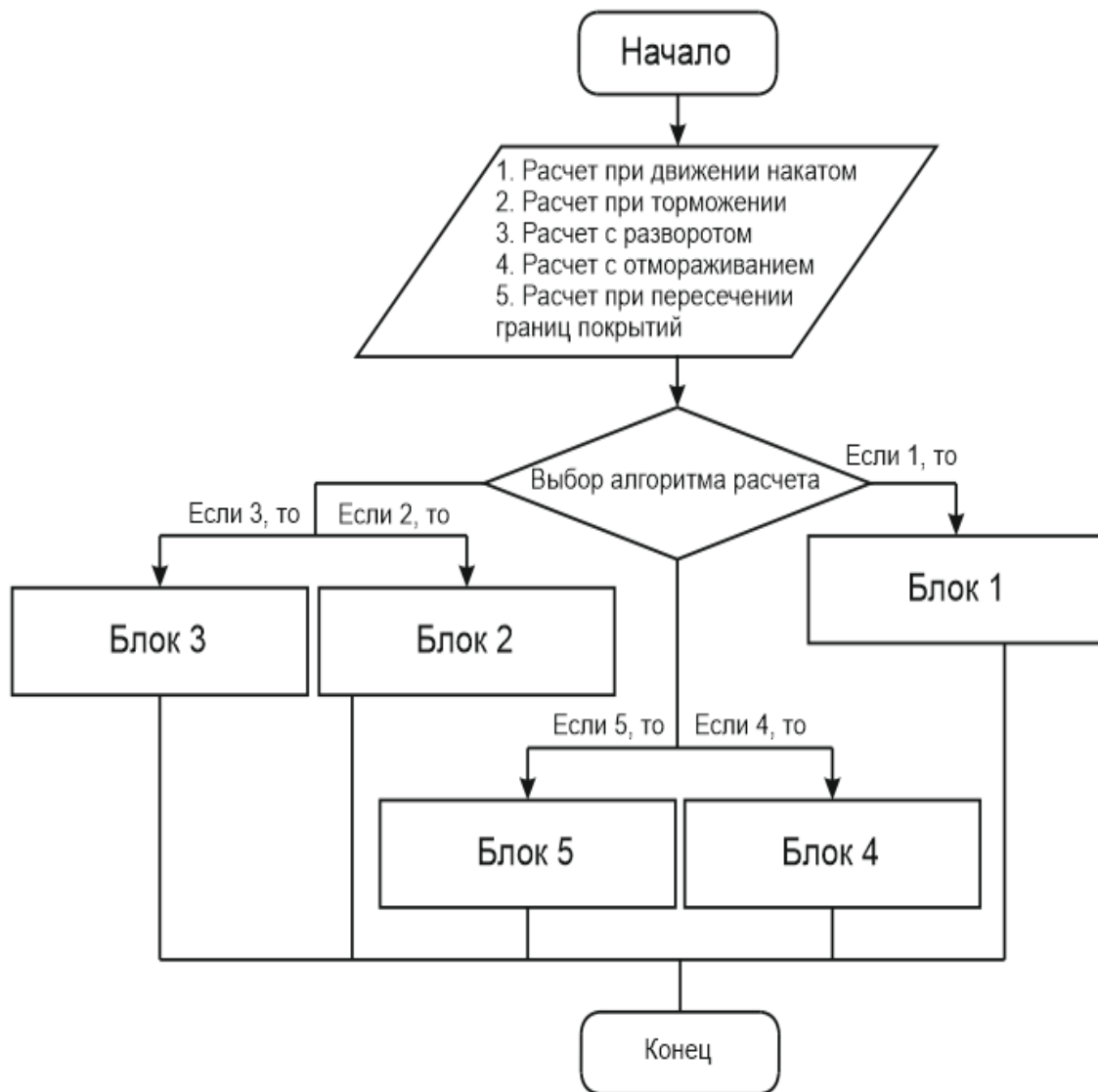


Рисунок 2 – Блок-схема расчета скорости движения ТС при различных сценариях расчета

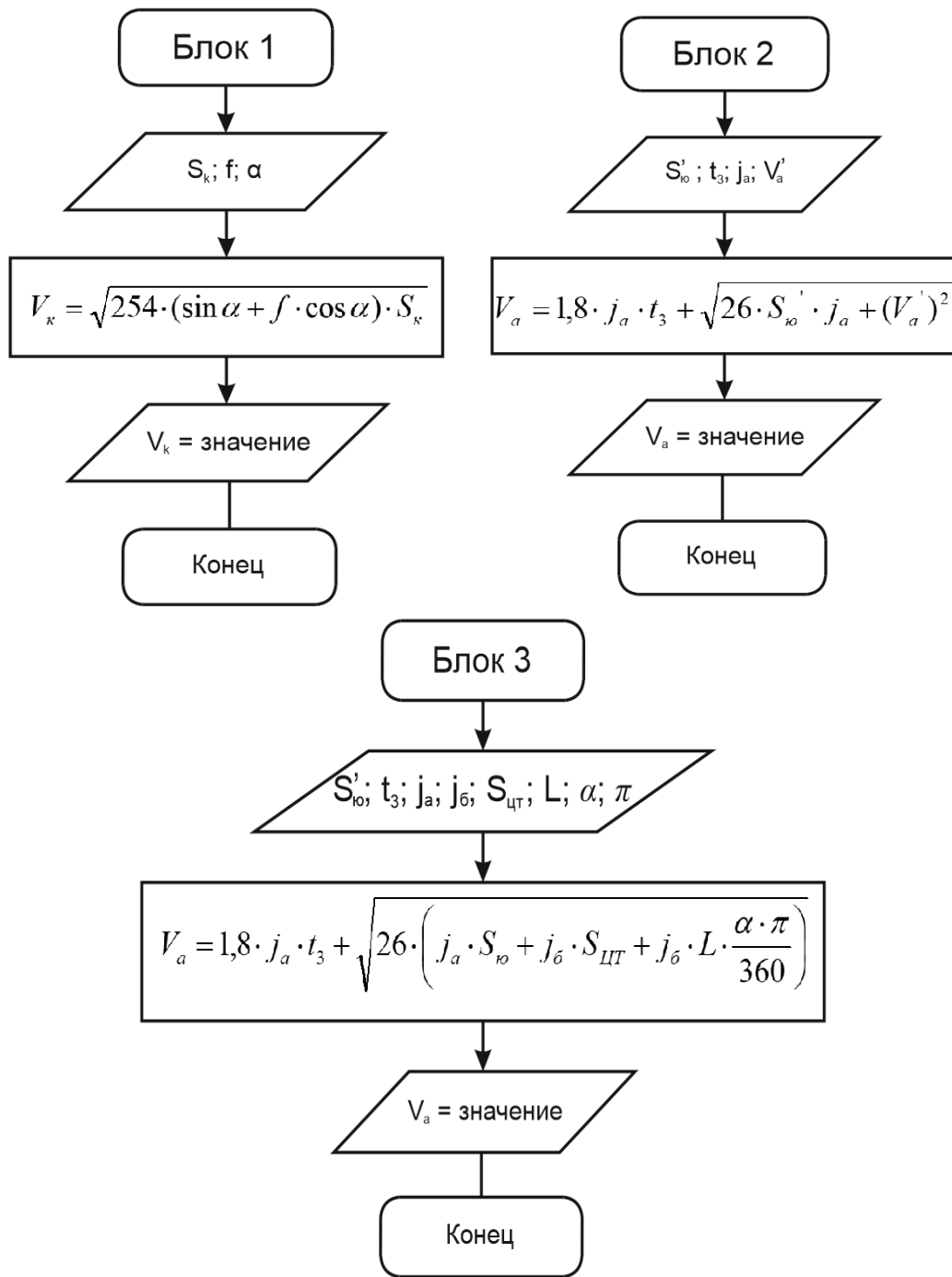


Рисунок 3 – Блок-схемы сценариев (блоки 1-3) расчета скоростей движения ТС

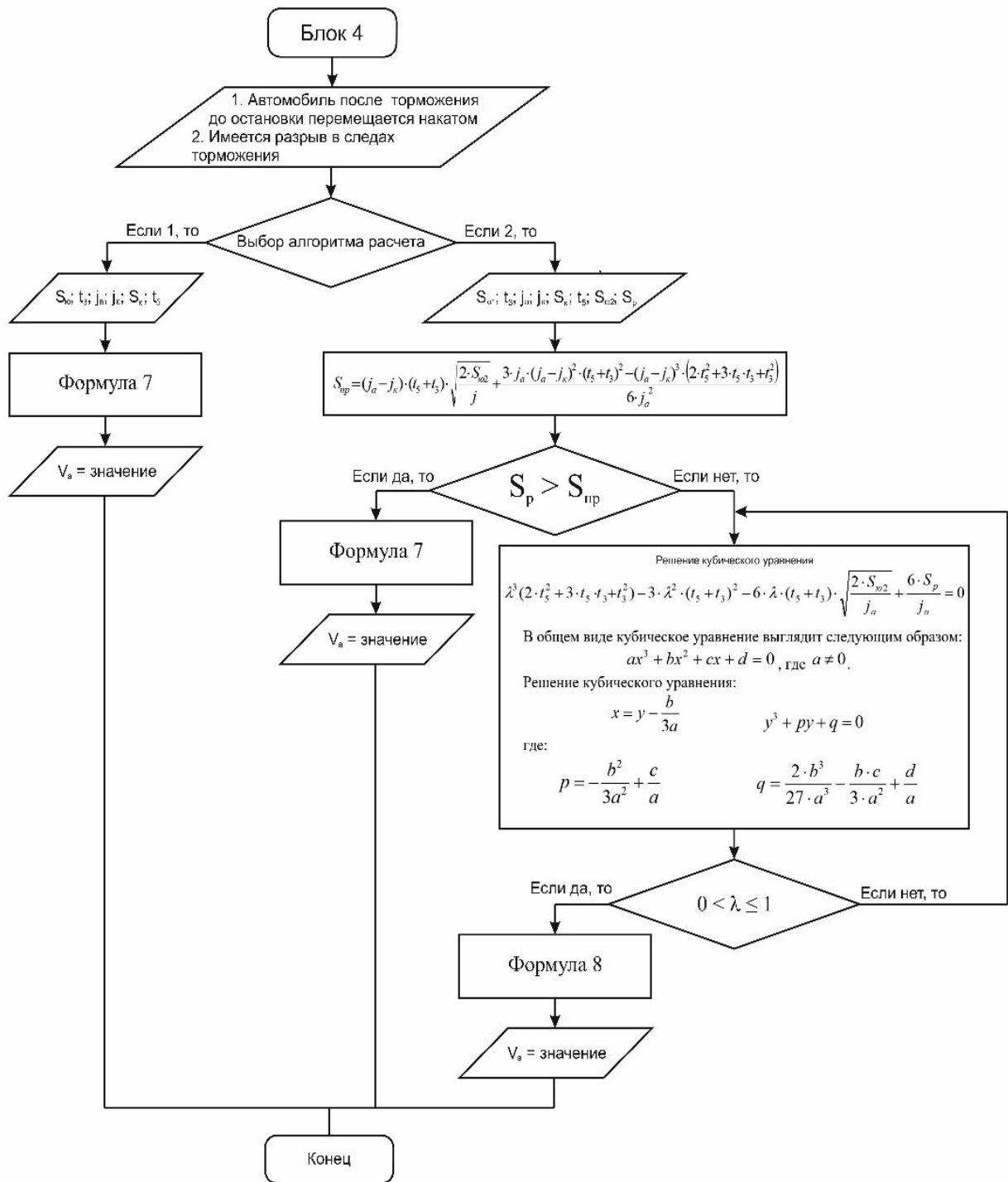


Рисунок 4 – Блок-схемы сценариев расчета (блок 4) скоростей движения ТС

Величина минимального расстояния, необходимого для полного растормаживания определяется по следующей формуле [7]:

$$S_{np} = (j_a - j_k) \cdot (t_5 + t_3) \cdot \sqrt{\frac{2 \cdot S_{02}}{j_a} + \dots} + \frac{3 \cdot j_a \cdot (j_a - j_k)^2 \cdot (t_5 + t_3)^2 - (j_a - j_k)^3 \cdot (2 \cdot t_5^2 + 3 \cdot t_5 \cdot t_3 + t_3^2)}{6 \cdot j_a^2}, \quad (10)$$

где j_a – замедление транспортного средства категории М1 (Skoda Octavia) при экстренном торможении на сухом асфальтобетонном покрытии, м/с^2 : 5,83; 5,91; 5,85 (установлено экспериментально с использованием прибора «Эффект-02»); 5,86 – среднее значение для простоты расчета) [9]; j_k – замедление транспортного средства категории М1 (Skoda Octavia) при перемещении без торможения (накатом), м/с^2 : $9,8 \cdot 0,016 \approx 0,16$ [7]; t_5 – время оттормаживания, с: 0,3 [7]; t_3 – время нарастания замедления транспортного средства категории М1 (Skoda Octavia), с: 0,35 [7]; $S_{\text{ю2}}$ – перемещение центра масс автомобиля Skoda Octavia на втором участке торможения, м: 42,4.

$$S_{np} = (5,86 - 0,16) \cdot (0,3 + 0,35) \cdot \sqrt{\frac{2 \cdot 42,4}{5,86} + \dots} = 14,7.$$

$$\dots + \frac{3 \cdot 5,86 \cdot (5,86 - 0,16)^2 \cdot (0,35 + 0,3)^2 - (5,86 - 0,16)^3 \cdot (2 \cdot 0,3^2 + 3 \cdot 0,3 \cdot 0,35 + 0,35^2)}{6 \cdot 5,86^2}$$

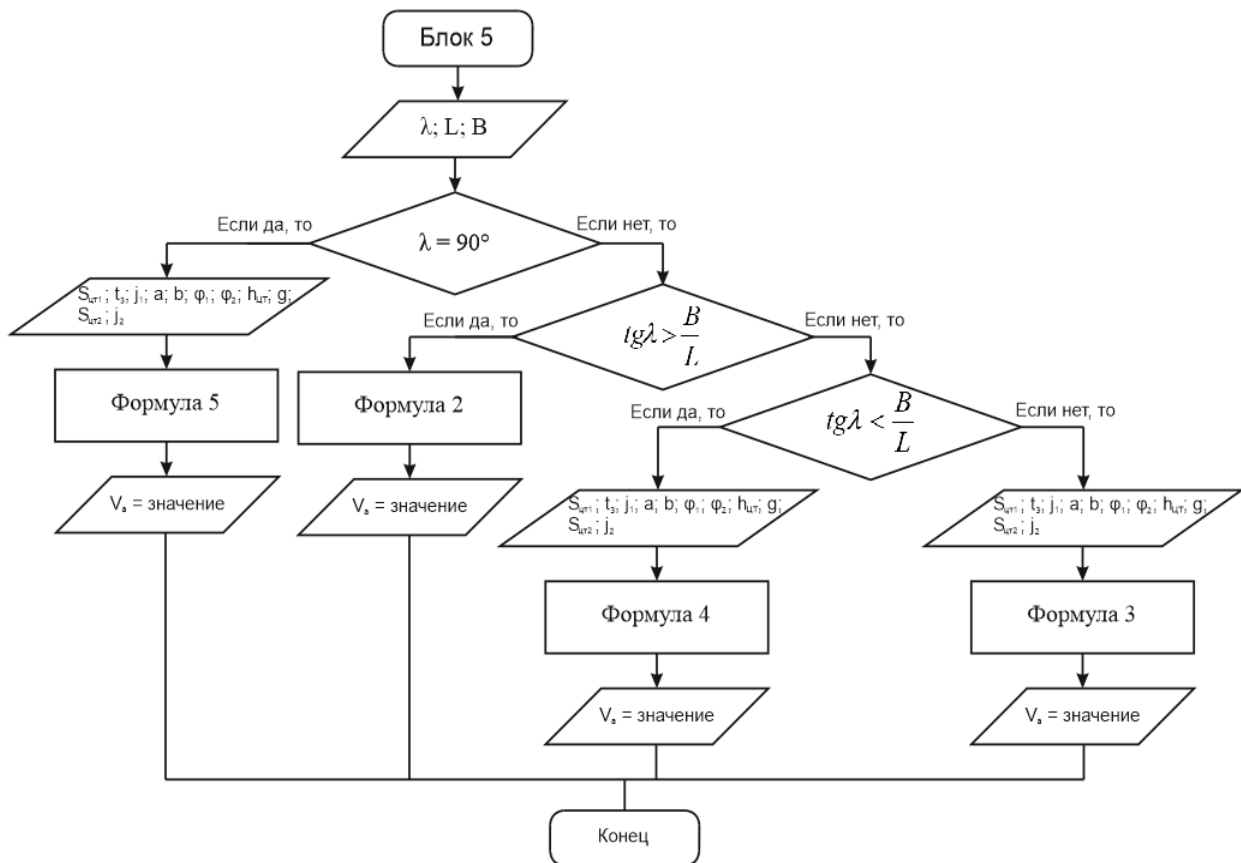


Рисунок 5 – Блок-схемы сценариев расчета (блок 5) скоростей движения ТС

Поскольку $S_{np} > S_p$ ($14,7 \text{ м} > 8,8 \text{ м}$), то можно констатировать, что полное растормаживание транспортного средства в данном примере не имело места, поэтому в расчет скорости движения автомобиля Skoda Octavia необходимо ввести величину степени растормаживания, которая определяется решением кубического уравнения:

$$\lambda^3 (2 \cdot t_5^2 + 3 \cdot t_5 \cdot t_3 + t_3^2) - 3 \cdot \lambda^2 \cdot (t_5 + t_3)^2 - 6 \cdot \lambda \cdot (t_5 + t_3) \cdot \sqrt{\frac{2 \cdot S_{\text{ю2}}}{j_a} + \frac{6 \cdot S_p}{j_a}} = 0; \quad (11)$$

$$\lambda^3 (2 \cdot 0,3^2 + 3 \cdot 0,3 \cdot 0,35 + 0,35^2) - 3 \cdot \lambda^2 \cdot (0,3 + 0,35)^2 - \dots$$

$$\dots - 6 \cdot \lambda \cdot (0,3 + 0,35) \cdot \sqrt{\frac{2 \cdot 42,4}{5,86}} + \frac{6 \cdot 8,8}{5,86} = 0 \quad , \text{откуда}$$

$$0,61\lambda^3 - 1,27\lambda^2 - 14,8\lambda + 9,01 = 0.$$

Решением данного кубического уравнения получено значение $\lambda = 0,58$.
Откуда по формуле (8) определяем начальную скорость, км/ч:

$$V_a = 1,8 \cdot 5,86 \cdot 0,35 + \dots$$

$$\dots + \sqrt{26 \cdot 5,86 \cdot 12,6 + \left[\sqrt{26 \cdot 42,4 \cdot 5,86} + 3,6 \cdot 0,58 \cdot (0,3 + 0,35) \cdot 5,86 \cdot (1 - 0,5 \cdot 0,58) \right]^2} = 100,2.$$

Таким образом, скорость движения автомобиля Skoda Octavia до начала экстренного торможения транспортного средства в данном примере составляла величину около 100,2 км/ч, если расчет проводить путем ручной калькуляции с наложением погрешностей расчета от взаимосвязи нескольких расчетных операций.

Однако, используя предложенную программу и подставляя исходные данные обозначенного выше примера, расчет скорости движения автомобиля Skoda Octavia показал величину 95,2 км/ч (рис. 6).

The screenshot shows a web application interface for calculating speed. At the top, there are tabs for 'Скорость' (Speed), 'Технические возможности' (Technical capabilities), and 'Дистанция' (Distance). Below these are buttons for different scenarios: 'При движении накатом' (On an incline), 'При торможении' (During braking), 'С разворотом' (With a turn), 'С оттормаживанием' (With emergency braking), and 'При пересечении границ покрытий' (At the intersection of road surfaces). The current scenario is 'Автомобиль перемещается накатом' (The car is moving on an incline) and 'Имеется разрыв в следах торможения' (There is a gap in the braking tracks). The main heading is 'Расчёт скорости' (Speed calculation). There are several input fields: 'Введите Сю₁:' (12,6), 'Введите t_з:' (0,35), 'Введите j_а:' (5,86), 'Введите j_к:' (0,16), 'Введите S_к:' (0), 'Введите t_с:' (0,3), 'Введите Сю₂:' (42,4), and 'Введите Sp:' (8,8). A green 'Вычислить' (Calculate) button is present. The output fields show 'Вывод Va:' (95,2330475335573) and 'Вывод Spr:' (14,7103190822267).

Рисунок 6 – Пример расчета скорости движения ТС с оттормаживанием

С целью определения адекватности предложенного программного обеспечения была проведена сравнительная оценка между аналитическим ручным методом и автоматическим расчетом. Результаты данного сравнения приведены в табл. 2.

Таблица 2 – Сравнение результатов расчетов разными способами

	Переменная ($S_{ю2}$)	Скорость, км/ч		Разница, %
		Аналитический	Автоматический	
1	20	79,5	74,2	6,7
2	30	89,5	84,3	5,8
3	42,4	100,2	95,2	5
4	50	106,2	101,4	4,6
5	60	113,6	108,9	4,2

С учетом полученных значений очевидно, что программа уточняет расчет, значительно сокращая степень влияния погрешности и время расчета, которое тратит эксперт, выполняя калькуляционные действия. При этом погрешность расчета находится в пределах инструментальной погрешности.

4 Обсуждение и заключение

Используя предложенные алгоритмы и средства автоматизации процесса расчета возможно в значительной степени снизить трудовые затраты эксперта-автотехника на исследование обстоятельств дорожно-транспортного происшествия. Современные технологии позволяют обрабатывать большие объемы данных за незначительное время. С использованием автоматизации появляется возможность комплексного анализа различных исходных данных, которые, в свою очередь, позволяют учесть многовекторность событий, приводящих к ДТП. Данный подход способствует выявлению закономерностей и аномалий, которые приводят к корреляционному анализу информации, способствующей разработке стратегий предотвращения большого количества ДТП.

Данное программное обеспечение проходит апробацию на адекватность использования в БГТУ им. В. Г. Шухова и ЭКЦ УМВД России по Белгородской области.

Работа выполнена в рамках реализации федеральной программы поддержки университетов «Приоритет 2030» с использованием оборудования на базе Центра высоких технологий БГТУ им. В.Г. Шухова. (This work was realized in the framework of the Program "Priority 2030" on the base of the Belgorod State Technological University named after V.G. Shukhov. The work was realized using equipment of High Technology Center at BSTU named after V.G. Shukhov.).

Список литературы

- 1 Евтюков, С. А. Судебная автотехническая экспертиза дорожно-транспортных происшествий / С.А. Евтюков, В.А. Пучкин // ИД «Петрополис». – Санкт-Петербург, 2017. – 416 с.
- 2 Иларионов, В.А. Автотехническая экспертиза. / В.А. Иларионов. – М.: Транспорт, 1989. – 240 с.
- 3 Евтюков, С. А. Расследование и экспертиза дорожно-транспортных происшествий / С. А. Евтюков, Я. В. Васильев; под общ. ред. С. А. Евтюкова. – 2-е изд., стереотип. – Санкт-Петербург: ООО «Издательство ДНК», 2005. – 288 с.
- 4 Новиков, А. Н. Исследование потери курсовой и вертикальной устойчивости транспортного средства при проведении дорожно-транспортной экспертизы/ А.Н. Новиков, И.А. Новиков, Д.А. Лазарев, В.Л. Махонин// Мир транспорта и технологических машин. 2022. – № 3-1 (78). – С. 41-49.

- 5 Суворов, Ю. Б. Судебная дорожно-транспортная экспертиза. Судебно-экспертная оценка действий водителей и других лиц, ответственных за обеспечение безопасности дорожного движения, на участках ДТП: Учеб. пособие для вузов / Ю.Б. Суворов. – М.: Экзамен, 2004. – 208 с.
- 6 Novikov, I. A. Analysis of vehicles complex displacement in the process of investigation of vehicle crash/ I.A. Novikov, A.N. Degtyar, D.A. Lazarev, V.L. Makhonin// MATEC Web of Conferences 341, 00070 (2021). [https:// DOI:10.1051/matecconf/202134100070](https://doi.org/10.1051/matecconf/202134100070).
- 7 Миронова, Ю. А. Исследование процессов торможения автомобилей зарубежного и отечественного производства: Методические рекомендации / Ю.А. Миронова, Е.А. Китайгородский - М.: ЭКЦ МВД России, 2005. - 176 с.
- 8 Типовые экспертные методики исследования вещественных доказательств: Ч.1/Под ред. Канд. техн. наук Ю.М. Дильдина. Общая редакция канд. техн. наук В.В. Мартынова. – М.: ИНТЕРКРИМ-ПРЕСС, 2010. – 568 с.
- 9 Novikov, I. A. Experimental Installation for Calculation of Road Adhesion Coefficient of Locked Car Wheel/ I.A. Novikov, D.A. Lazarev// Transportation Research Procedia, v. 20, pp 463-467 (2017).
- 10 Данец, С. В. Применение автоматизированных средств исследования обстоятельств ДТП / С. В. Данец // Вестник ХНАДУ: сб. науч. тр. 2013. Вып. 61–62. С. 190–194.
- 11 Кетков, Ю. Практика программирования. Visual Basic, C++ Builder, Delphi / Ю. Кетков, А. Кетков. - М.: БХВ-Петербург, 2007. - 464 с.
- 12 Пахомов, Борис С/С++ и Borland C++ Builder для начинающих /Борис Пахомов. - М.: БХВ-Петербург, 2006. - 630 с.
- 13 Пахомов, Борис Самоучитель С/С++ и С++ Builder 2007 (+ DVDROM) / Борис Пахомов. - М.: БХВ-Петербург, 2008. - 672 с.
- 14 Пол, Ирэ Объектно-ориентированное программирование с использованием С++ / Ирэ Пол. - М.: ДиаСофт Лтд, 2014. - 480 с.
- 15 Федоренко, Ю. П. Алгоритмы и программы на С++ Builder (+ CDROM) / Ю.П. Федоренко. - М.: ДМК Пресс, 2010. - 544 с.

References

- 1 Evtyukov, S.A. Forensic auto-technical examination of road accidents/S.A. Evtyukov, V.A. Puchkin//Petropolis Publishing House. - St. Petersburg, 2017. - 416 s.
- 2 Hilarionov, V.A. Autotechnical expertise ./V.A. Hilarionov. - М.: Transport, 1989. - 240 s.
- 3 Evtyukov S.A. Investigation and examination of road accidents/S.A. Evtyukov, Y. V. Vasiliev; under the general. ed. S. A. Evtyukova. - 2nd ed., Stereotype. - St. Petersburg: LLC "DNA Publishing House," 2005. - 288 s.
- 4 Novikov, A.N. Research of loss of heading and vertical stability of the vehicle during road transport expertise/A.N. Novikov, I.A. Novikov, D.A. Lazarev, V.L. Makhonin//World of transport and technological machines. 2022. № 3-1 (78). S. 41-49.
- 5 Suvorov, Yu.B. Judicial road and transport examination. Forensic assessment of the actions of drivers and other persons responsible for ensuring road safety at road accident sites: Training manual for universities/Yu.B. Suvorov. - М.: Exam, 2004. - 208 s.
- 6 Novikov, I.A. Analysis of vehicles complex displacement in the process of investigation of vehicle crash/ I.A. Novikov, A.N. Degtyar, D.A. Lazarev, V.L. Makhonin// MATEC Web of Conferences 341, 00070 (2021). [https:// DOI:10.1051/matecconf/202134100070](https://doi.org/10.1051/matecconf/202134100070).
- 7 Mironova, Yu. A. Study of braking processes of cars of foreign and domestic production: Methodological recommendations/Yu.A. Mironova, E.A. Kitaigorodsky - М.: ECC of the Ministry of Internal Affairs of Russia, 2005. - 176 s.
- 8 Standard expert methods for the study of material evidence: Ch.1/Ed. Cand. technical sciences Yu.M. Dildin. General Revision of Candidate Teh. sciences V.V. Martynova. - М.: INTER-KRIM-PRESS, 2010. - 568 s.
9. Al Sawafi, M. Kh. Geo-information technologies in urban planning/M. Kh. Al Sawafi//Bulletin of the Belgorod State Technological University named after V.G.

Shukhov, number: 6. - Founders: Belgorod State Technological University named after V.G. Shukhov. – 2021. - S. 52-62.

9 Novikov, I.A. Experimental Installation for Calculation of Road Adhesion Coefficient of Locked Car Wheel/ I.A. Novikov, D.A. Lazarev// Transportation Research Procedia, v. 20, pp 463-467 (2017).

10 Danets, S.V. Application of automated means of investigation of accident accidents/S.V. Danets//Vestnik KHNADU: sat. scientific. tr. 2013. No. 61–62. S. 190-194.

11 Ketkov, Yu. Programming practice. Visual Basic, C++ Builder, Delphi/Yu. Ketkov, A. Ketkov. - М.: BHV-Petersburg, 2007. - 464 с.

12 Pakhomov, Boris C/C ++ and Borland C++ Builder for beginners/Boris Pakhomov. - М.: BHV-Petersburg, 2006. - 630 с.

13 Pakhomov, Boris Self-Teacher S/S ++ and C++ Builder 2007 (+ DVDROM)/Boris Pakhomov. - М.: BHV-Petersburg, 2008. - 672 с.

14 Paul, Ire Object-oriented programming using C ++/Ire Paul. - М.: DiaSoft Ltd, 2014. - 480 с.

15 Fedorenko, Yu.P. Algorithms and programs on C++ Builder (+ CDROM)/Yu.P. Fedorenko. - М.: DMK Press, 2010. - 544 с.

© Лазарев Д.А., Гринякин Р.В., Стрекалов Д.П., Шаталов Е.В., 2023