

Научная статья
 УДК 656.13
 DOI: <https://doi.org/10.26518/2071-7296-2026-23-4-596-607>
 EDN: TEBPV1



СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ МЕТОДОВ ОЦЕНКИ ВИДИМОСТИ И РАДИУСОВ КРИВОЛИНЕЙНЫХ УЧАСТКОВ АВТОМОБИЛЬНЫХ ДОРОГ ПО УСЛОВИЯМ ОБЕСПЕЧЕНИЯ БЕЗОПАСНОСТИ ДВИЖЕНИЯ

А.Д. Ефимов, А.О. Алибагандов ✉, А.Н. Бессарабов, У.А. Нехаева
 Южно-Российский государственный политехнический
 университет (НПИ) имени М.И. Платова,
 г. Новочеркасск, Россия
 ✉ответственный автор
 Alibagand1999@mail.ru

АННОТАЦИЯ

Введение. Безопасность движения на участках автомобильных дорог в значительной степени определяется ее геометрическими параметрами, влияющими на условия восприятия дорожной обстановки водителем. К числу наиболее значимых факторов относятся расстояние видимости встречного автомобиля и параметры кривых в плане, от которых зависят своевременность обнаружения опасности и возможность безопасного выполнения маневров. В связи с этим актуальны исследования по разработке метода автоматизированной оценки указанных характеристик по минимальному набору исходных данных.

Материалы и методы. Для обработки высотного профиля дороги, оценки видимости встречного автомобиля и визуализации результатов разработано приложение на языке программирования C#. В качестве исходных данных используются координаты маршрута – высотные отметки с маршрутизатора GraphHopper, применяемые как при построении профиля дороги, так и при определении радиусов кривых в плане. Методика предусматривает преобразование координат, приведение данных к равномерному шагу по длине маршрута, расчета видимости по линии визирования, оценку локальной кривизны по трем точкам и вычисление радиуса кривых по выражению Менгера.

Результаты. На основании обработки и анализа исходных данных разработана методика оценки видимости встречного автомобиля по высотному профилю дороги и определения радиусов кривых в плане, позволяющая выявлять участки автомобильных дорог, геометрические параметры которых оказывают влияние на безопасность движения.

Заключение. Полученные результаты подтверждают целесообразность применения разработанных методик для комплексной оценки параметров автомобильной дороги, влияющих на безопасность движения. Предложенный подход позволяет по данным маршрута определять условия видимости встречного автомобиля и геометрические характеристики кривых в плане, что создает основу для выявления потенциально опасных участков и обоснования решений, направленных на повышение безопасности движения.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: безопасность движения, видимость встречного автомобиля, геометрические параметры, аварийность, дорожно-транспортные происшествия, кривые в плане, потенциально опасный участок, продольный профиль дороги

Статья поступила в редакцию 21.04.2026; одобрена после рецензирования 09.06.2026; принята к публикации 21.08.2026.

Все авторы прочитали и одобрили окончательный вариант рукописи.

Прозрачность финансовой деятельности: авторы не имеют финансовой заинтересованности в представленных материалах и методах. Конфликт интересов отсутствует.

Для цитирования: Ефимов А.Д., Алибагандов А.О., Бессарабов А.Н., Нехаева У.А. Совершенствование методов оценки видимости и радиусов криволинейных участков автомобильных дорог по условиям обеспечения безопасности движения // Вестник СибАДИ. 2026. Т. 23, № 4. С. 596-607. <https://doi.org/10.26518/2071-7296-2026-23-4-596-607>

© Ефимов А.Д., Алибагандов А.О., Бессарабов А.Н., Нехаева У.А., 2026



Контент доступен под лицензией
 Creative Commons Attribution 4.0 License.

Original article

DOI: <https://doi.org/10.26518/2071-7296-2026-23-4-596-607>

EDN: TEBPVI

IMPROVING METHODS FOR ASSESSING VISIBILITY AND RADII ON CURVED SECTIONS OF HIGHWAYS IN ACCORDANCE WITH THE TERMS OF PROVIDING TRAFFIC SAFETY

Artem D. Efimov, Alibagand O. Alibagandov ✉, **Aleksey N. Bessarabov, Ulyana A. Nekhaeva**
South Russian State Polytechnic University (NPI) named after M.I. Platov,
Novocherkassk, Russia
*corresponding author
Alibagand1999@mail.ru

ABSTRACT

Introduction. Road safety on sections of highways is largely determined by their geometric parameters, which influence driver's perception of road conditions. Among the most significant factors are the visibility distance of oncoming vehicles and the parameters of horizontal curves, which determine the timeliness of danger detection and the ability to perform maneuvers safely. In this regard, the studies on developing a method for the automated assessment of the described characteristics based on a minimal set of initial data are relevant.

Materials and methods. An application written in the C# programming language has been developed to process road elevation profiles, estimate the visibility of oncoming vehicles, and visualize the results. As the initial data route coordinates and elevation marks obtained from the GraphHopper route planner and applied both to construct the road profile and to determine the radii of curves in planning have been used. The methodology involves coordinate transformation, converting the data to uniform spacing along the route, calculating visibility along the line of sight, estimating local curvature based on three points, and computing radius of curves using Menger's formula.

Results. Based on the processing and analysis of the initial data, a methodology has been developed to assess the visibility of oncoming vehicles based on the road elevation profile and to determine the radii of curves in plan, enabling the identification of road sections, where geometric parameters affect traffic safety.

Conclusion. The obtained results confirm the validity of using the developed methodology for a comprehensive assessment of highway parameters that impact traffic safety. The proposed approach makes it possible to determine on route data the visibility conditions for oncoming vehicles and the geometric characteristics of horizontal curves in plan, providing a basis for identifying potentially dangerous sections and justifying decisions aimed at improving traffic safety.

KEYWORDS: traffic safety, visibility of oncoming vehicle, geometric parameters, accident rates, traffic accidents, curves in plan, potentially dangerous sections, longitudinal profile of the road

The article was submitted: April 21, 2026; approved after reviewing: June 09, 2026; accepted for publication: August 21, 2026.

All 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. Efimov A.D., Alibagandov A.O., Bessarabov A.N., Nekhaeva U.A. Improving methods for assessing visibility and radii on curved sections of highways in accordance with the terms of providing traffic safety. *The Russian Automobile and Highway Industry Journal*. 2026; 23 (4): 596-607. <https://doi.org/10.26518/2071-7296-2026-23-4-596-607>

© Efimov Artem D., Alibagandov Alibagand O., Bessarabov Aleksey N., Nekhaeva Ulyana A., 2026



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

ВВЕДЕНИЕ

Высокая аварийность на автомобильном транспорте является острой социально-экономической проблемой в РФ. Ее решение отражено в одном из целевых показателей Транспортной стратегии 2030, выраженном в достижении «нулевой смертности» в дорожно-транспортных происшествиях (ДТП) [1, 2]. С этой целью ведется планомерная работа по воздействию на все элементы системы «Водитель – автомобиль – дорога – среда», результаты которой на первоначальном этапе позволили существенно сократить как общее количество происшествий, так и раненых и погибших в них [1]. Однако, начиная с 2023 г., положительный эффект от реализуемых мероприятий практически не наблюдается. Учитывая высокую капиталоемкость мер по повышению безопасности движения на автомобильных дорогах, целесообразным будет выявление не только проблемных участков, но и причин возникновения происшествий именно на них [3, 4, 5]. Поэтому актуальной целью исследований является разработка методов автоматизированного определения геометрии профиля автомобильной дороги и его характеристик, а также оценки видимости встречного автомобиля по ней.

Достаточно много ДТП совершается из-за ограниченной видимости встречного транспортного средства на участках вертикальных и горизонтальных кривых автомобильных дорог, что сказывается на безопасности выполнения маневров водителями [6, 7, 8, 9]. В научной литературе встречаются различные подходы авторов к оценке данного показателя. Так, М.Р. Синкович предложил оценивать дистанцию видимости на основе скорости движения и времени выполнения этапов маневра обгона [10]. В работе П.В. Тихомирова [11] в качестве исходного материала используются данные наземной стереофотограмметрии, на основе которых строится геометрия участка дороги. Достоинством такого подхода является получение объективной пространственной информации о рассматриваемом участке, однако его применение связано с выполнением полевых измерений и последующей камеральной обработкой материалов съемки, что ограничивает оперативность и повышает трудоемкость оценки на протяженных маршрутах.

В более поздних работах [12, 13, 14, 15] рассматриваются системы расчета дистанции видимости при обгоне с использованием мобильного LiDAR, позволяющие формировать цифровые модели поверхности, моделировать

линию визирования и выявлять препятствия, ограничивающие поле зрения водителя. Такие подходы обладают высокой информативностью и применимы для детального инженерного обследования участков дорог, однако требуют специализированной съемки, обработки облаков точек и значительных вычислительных ресурсов, что снижает их доступность при массовом анализе протяженных маршрутов. Поэтому разработка достаточно простого и точного метода расчета видимости встречных транспортных средств на участках вертикальных и горизонтальных кривых автодорог является актуальной задачей.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Для повышения достоверности и снижения трудоемкости расчетов необходимо максимально автоматизировать процесс сбора и обработки исходных данных с помощью написания специализированного программного обеспечения, позволяющего фиксировать высотные отметки и географические координаты, а также определять расстояние видимости с места водителя автомобиля по маршруту движения. В качестве информационного слоя целесообразно использовать данные маршрутизатора GraphHopper. Он может фиксировать не только географические координаты, но и высотные отметки в следующем виде:

$$P_i = (\varphi_i, \lambda_i, h_i), \quad i = 0, 1, \dots, N, \quad (1)$$

где h_i – высотная отметка в точке i , м.

Однако для использования данных в дальнейших расчетах необходимо в первую очередь перевести географические координаты в локальную плоскость и определить равномерный шаг для высотных отметок по следующей зависимости:

$$h_m^r = h_k + t \cdot (h_{k+1} - h_k). \quad (2)$$

Тогда равномерный набор данных с шагом 1 м запишется как

$$P_m^r = (x_m^r, y_m^r, h_m^r), \quad m = 0, \dots, M. \quad (3)$$

Для устранения «фонового эффекта» и сглаживания высотного профиля используем выражение

$$h_m^s = \frac{1}{2q+1} \cdot \sum_{j=-q}^q h_{m+j}^r, \quad (4)$$

где h_m^s – сглаженная высотная отметка;

h_{m+j} – исходная высотная отметка до сглаживания;

q – половина ширины окна сглаживания (число соседних точек слева и справа).

Особенностью данного подхода является дискретизация маршрута и анализ географических координат отдельных участков, то есть продольный профиль автомобильной дороги описывается следующей дискретной функцией:

$$z(s_m^r) = h_m^s, \quad m = 0, \dots, M, \quad (5)$$

где $z(s_m^r)$ – высотная отметка проезжей части в расчетной точке с координатой s_m^r , м.

Для построения геометрической модели видимости из общего множества расчетных точек выделяется точка s_i^r , соответствующая положению водителя на маршруте по автомобильной дороге. При высоте глаз водителя над поверхностью проезжей части h_1 абсолютная отметка точки наблюдения определяется выражением

$$Z_i^1 = z(s_i^r) + h_1. \quad (6)$$

Встречное транспортное средство рассматривается как объект, расположенный в точке s_j^r , при этом выполняется условие $s_j^r > s_i^r$. Высота видимой точки встречного транспортного средства над проезжей частью принимается

равной h_2 . Тогда абсолютная отметка данной точки определяется следующим образом:

$$Z_j^2 = z(s_j^r) + h_2. \quad (7)$$

Линия визирования может быть описана прямой, соединяющей отметку положения глаз водителя Z_i^1 и отметку наблюдаемой точки встречного автомобиля Z_j^2 . Для промежуточного положения s_r , находящегося в пределах рассматриваемого интервала $s_i^r \leq s_r \leq s_j^r$, высотная координата определяется по формуле

$$Z_{ij}^{LOS}(s_r) = Z_i^1 + \frac{Z_j^2 - Z_i^1}{s_j^r - s_i^r} \cdot (s_r - s_i^r). \quad (8)$$

Условием обеспечения видимости в этой модели будет прохождение луча, проведенного к верхней точке k встречного автомобиля, проходит выше всех промежуточных точек продольного профиля (рисунок 1). В связи с этим введем два угловых коэффициента. Первый характеризует луч визирования к точкам продольного профиля, а второй описывает луч визирования к верхней точке k встречного автомобиля. Этот луч характеризуется определенным углом наклона как по отношению к уровню глаз водителя, так и верхней точки встречного автомобиля.

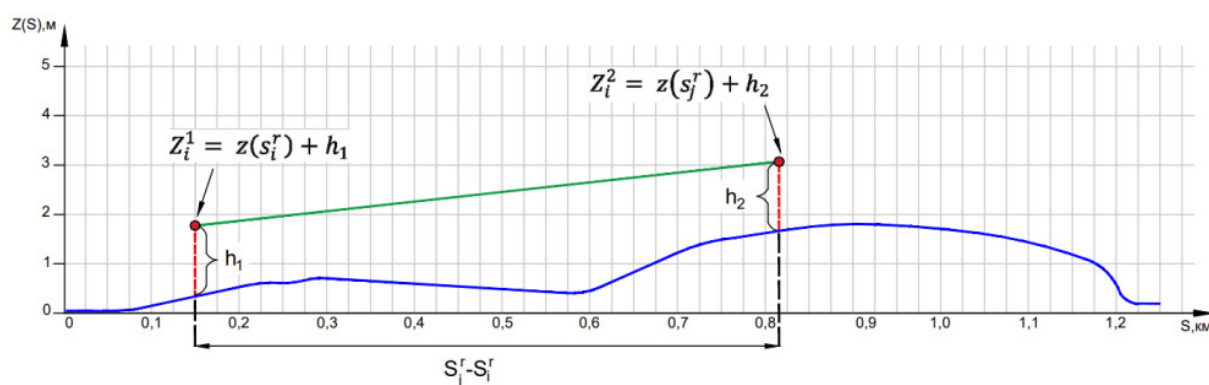


Рисунок 1 – Продольный профиль автомобильной дороги: зеленая линия – луч визирования от водителя до встречного автомобиля; синяя линия – продольный профиль
Источник: составлено авторами.

Figure 1 – Longitudinal profile of the highway: green line – the line of sight from the driver to the oncoming vehicle; blue line – the longitudinal profile
Source: compiled by the authors.

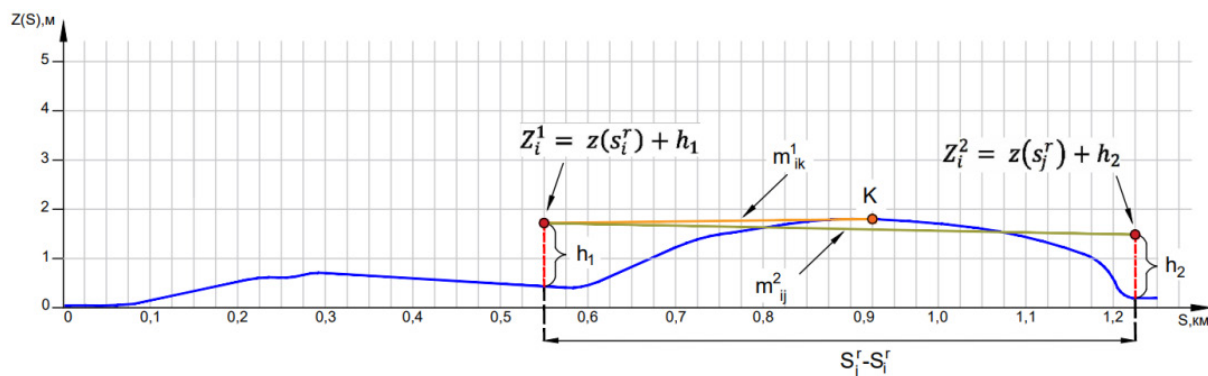


Рисунок 2 – Схема определения угловых коэффициентов линий визирования для водителя и встречного автомобиля по продольному профилю автомобильной дороги: зеленая линия – линия визирования встречного автомобиля; оранжевая линия – линия визирования водителя
Источник: составлено авторами.

Figure 2 – Diagram of determining the angular coefficients of the lines of sight for the driver and for the oncoming vehicle along the longitudinal profile of the highway: green line – the line of sight of the oncoming vehicle; orange line – the line of sight of the driver
Source: compiled by the authors.

Введем угловой коэффициент (тангенс угла визирования) луча, проведенного из точки водителя i к профильной точке k :

$$m_{ik}^1 = \frac{z(s_k^r) - Z_i^1}{s_k^r - s_i^r}. \quad (9)$$

Для встречного автомобиля также аналогично введем угловой коэффициент (тангенс угла визирования) луча к верхней точке встречного автомобиля в целевой точке j (рисунок 2):

$$m_{ij}^2 = \frac{z(s_j^r) + h_2 - Z_i^1}{s_j^r - s_i^r}. \quad (10)$$

Обозначим M_{ij} через максимальное значение углового коэффициента луча, проведенного из точки водителя i к точкам продольного профиля, расположенным между i и j :

$$M_{ij} = \max_{k=i+1, \dots, j-1} m_{ik}^1. \quad (11)$$

Иными словами, M_{ij} характеризует наибольший наклон луча визирования к промежуточным точкам профиля. Тогда расстояние видимости встречного автомобиля из точки i определяется как наибольшее расстояние

$s_j^r - s_i^r$ до точки j , для которой выполняется условие видимости $m_{ij}^2 > M_{ij}$:

$$D_i = \max_{j=i+1, \dots, M} \{s_j^r - s_i^r | m_{ij}^2 > M_{ij}\}. \quad (12)$$

Другим элементом автомобильной дороги, снижающим расстояние видимости встречного автомобиля, является горизонтальная кривая. Определяющими параметрами видимости в этом случае будут ее радиус и протяженность [16, 17]. Автоматизировать расчет радиуса горизонтальной кривой возможно по аналогии с продольным профилем приведением набора географических координат в метрическую систему по следующим зависимостям:

$$x_i = R \cdot \lambda_i^{rad} \cdot \cos \varphi_0^{rad}, \quad (13)$$

$$y_i = R \cdot \varphi_i^{rad}, \quad (14)$$

где x_i, y_i – координаты i -й точки маршрута в локальной плоскости, м;

R – радиус Земли, м;

$\lambda_i^{rad}, \varphi_i^{rad}$ – долгота и широта, переведенные в радианы, рад;

φ_0^{rad} – опорная широта, выбираемая как средняя широта маршрута.

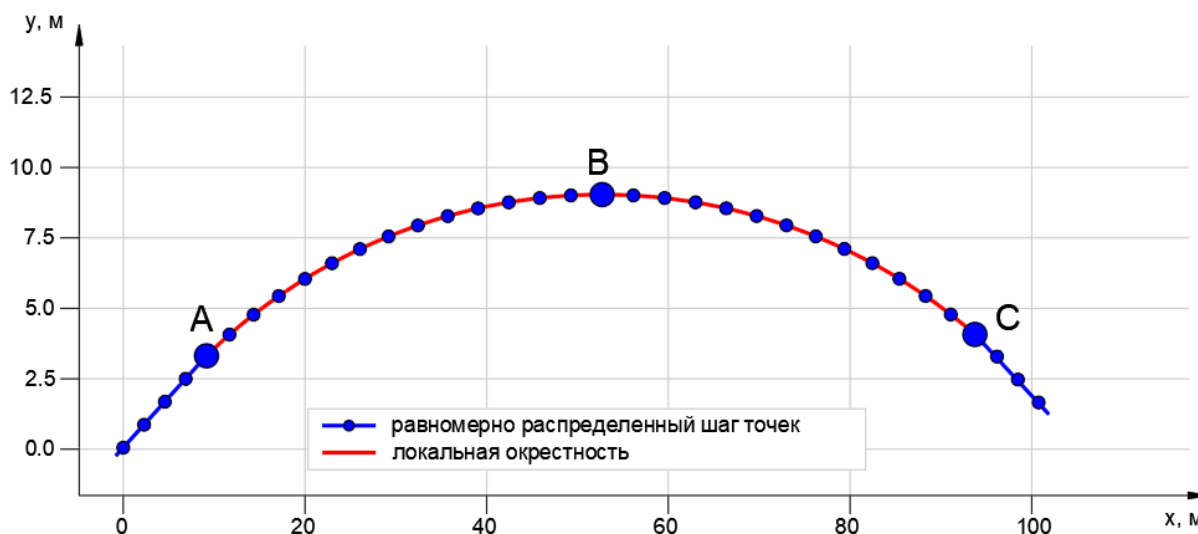


Рисунок 3 – Схема выбора трех точек для оценки кривизны ABC
Источник: составлено авторами.

Figure 3 – Selection diagram of three points for estimating the curvature of ABC
Source: compiled by the authors.

Математически длина вдоль маршрута записывается выражением

$$S_i = \sum_{k=1}^i \sqrt{(x_k - x_{k-1})^2 + (y_k - y_{k-1})^2}, \quad (15)$$

где S_i – расстояние от начала маршрута до i -й точки, м;

x_k, y_k – координаты k -й точки маршрута в локальной плоскости, м.

Однако в данной записи не учитывается возможная неравномерность получаемого набора точек, которую необходимо сформировать с фиксированным шагом Δl . Для этого задается последовательность расстояний вдоль маршрута:

$$\widetilde{S}_m = m \cdot \Delta l, \quad m = 0, 1, \dots, M, \quad (16)$$

где Δl – шаг по маршруту, м;

m – индекс точки равномерного шага по длине маршрута;

M – число точек равномерного шага по длине маршрута.

Такой подход позволяет определить параметр интерполяции распределения реальных точек на плане маршрута:

$$t = \frac{\widetilde{S}_m - S_k}{S_{k+1} - S_k} \quad (17)$$

и новые точки координат $\widetilde{P}_m$ линейной интерполяции:

$$\widetilde{x}_m = x_k + t \cdot (x_{k+1} - x_k), \quad (18)$$

$$\widetilde{y}_m = y_k + t \cdot (y_{k+1} - y_k), \quad (19)$$

где $\widetilde{x}_m, \widetilde{y}_m$ – координаты точки с равномерным шагом вдоль маршрута, м.

Кривизна в точке $\widetilde{P}_m$ оценивается по трем точкам равномерным шагом по длине маршрута по следующим условиям (рисунок 3):

$$A = \widetilde{P}_{m-w}, B = \widetilde{P}_m, C = \widetilde{P}_{m+w}, \quad (20)$$

где A, B, C – точки траектории с равномерным шагом по длине;

w – полуширина локальной окрестности;

m – индекс центральной точки B .

По известным геометрическим законам определяются длины сторон треугольника ABC и его площадь:

$$\Delta S = \frac{1}{2} \cdot |(\widetilde{x}_B - \widetilde{x}_A) \cdot (\widetilde{y}_C - \widetilde{y}_A) - (\widetilde{y}_B - \widetilde{y}_A) \cdot (\widetilde{x}_C - \widetilde{x}_A)|. \quad (21)$$

Поскольку радиус кривой в плане является величиной обратной кривизны в точке, то используя выражение Менгера [16, 17, 18], можно записать

$$R_m = \frac{1}{\frac{4 \cdot \Delta S}{|AB| \cdot |BC| \cdot |AC|}}. \quad (22)$$

Для повышения устойчивости результата, чтобы исключить влияние случайных ошибок измерений, выполняется сглаживание последовательности значений кривизны. Сглаженная кривизна определяется по формуле скользящего среднего

$$K_m^s = \frac{1}{2 \cdot q + 1} \cdot \sum_{j=-q}^q K_{m+j}, \quad (23)$$

где K_m^s – сглаженная кривизна в точке $\widetilde{P}_m$, 1/м;
 q – половина ширины окна сглаживания (число соседних значений кривизны слева и справа);

j – индекс сдвига в окне сглаживания.

То есть при анализе маршрут движения представляется набором однотипных сегментов, по которым определяются границы и длины участков. Наличие или отсутствие кривой в плане оценивается по результатам сравнения

K_m^s с входным K_t и выходным K_r порогами кривизны, которые определяются по формулам:

$$K_t = \frac{1}{R_t}, K_r = \frac{1}{R_r}, \quad (24)$$

где радиусы R_t, R_r – выбираются согласно требованиям нормативно-технической документации.

Таким образом, на основе проведенных исследований предложен алгоритм.

РЕЗУЛЬТАТЫ

Для проверки разработанной методики был выбран участок автомобильной дороги, рассматриваемый как фрагмент маршрута, в пределах которого продольный профиль может оказывать влияние на условия взаимной видимости встречного транспортного средства. Исходные данные сформированы на основе маршрутизатора GraphHopper [19], позволяющего получать географические координаты маршрута с соответствующими высотными отметками. С целью наглядной визуальной демонстрации результатов расчета и представления работы методики было разработано программное обеспечение на языке программирования C#. Результат работы методики представлен на рисунке 4.

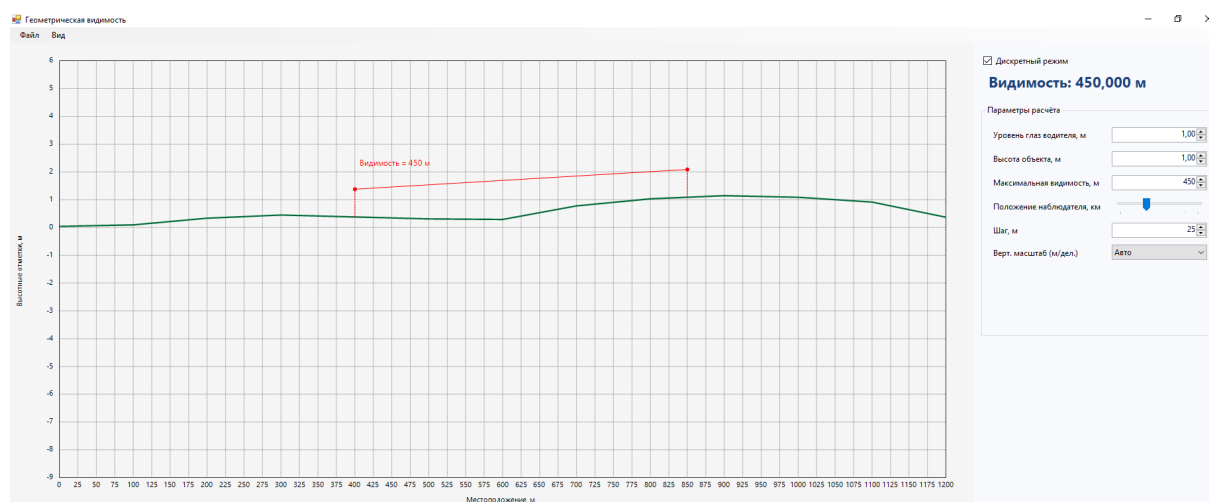


Рисунок 4 – Определение видимости встречного автомобиля на маршруте
 Источник: составлено авторами.

Figure 4 – Determining the visibility of an oncoming vehicle on the route
 Source: compiled by the authors.

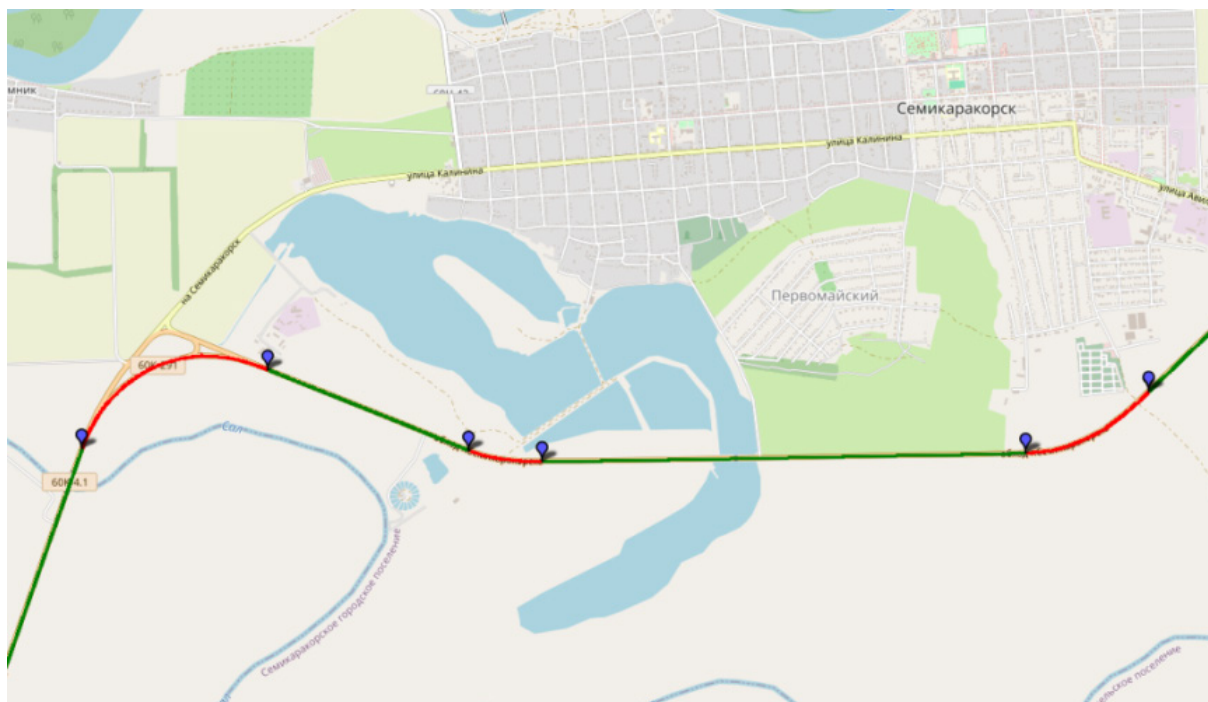


Рисунок 5 – Определение криволинейных и прямолинейных участков на автомобильном маршруте
Источник: составлено авторами.

Figure 5 – Identifying curved and straight sections of the driving route
Source: compiled by the authors.

В центральной части интерфейса отображен продольный профиль исследуемого участка дороги. Зеленая линия характеризует изменение высотных отметок покрытия проезжей части вдоль маршрута. Красная линия соответствует лучу визирования, проведенному от уровня глаз водителя к верхней точке встречного автомобиля. Красной точкой обозначено текущее положение наблюдателя, а вертикальная пунктирная линия показывает его привязку к выбранной точке маршрута.

Параметры, используемые в алгоритме, приняты в соответствии с СП 34.13330.2021. Расчетное расстояние видимости до встречного транспортного средства задано равным 450 м, а высота точки наблюдения, соответствующая уровню глаз водителя и высота характерной видимой точки встречного автомобиля приняты равными 1,0 м относительно поверхности проезжей части.

Результаты расчета показывают, что в пределах рассматриваемого участка дороги обе-

спечивается устойчивая геометрическая видимость встречного автомобиля. Полученные данные подтверждают работоспособность предложенной методики и корректность ее программной реализации.

На основе ранее используемого массива координат реализован алгоритм определения криволинейных и прямолинейных участков в плане. Результат работы алгоритма представлен на рисунке 5.

На картографической основе отображен исследуемый маршрут, в пределах которого цветом выделены участки с различными геометрическими характеристиками. Зеленым цветом отображены прямолинейные участки, для которых значения кривизны не превышают установленного порогового уровня, а красным цветом выделены криволинейные участки. Маркерами обозначены границы выделенных элементов, определенные в процессе алгоритмической обработки маршрутных координат.

Результаты, представленные на рисунке 4, демонстрируют, что разработанный алгоритм обеспечивает устойчивое выделение участков с различной геометрией плана по всей длине маршрута. Криволинейные участки корректно определяются в зонах фактического изменения направления движения, тогда как участки с постоянным направлением классифицируются как прямолинейные. Полученные данные подтверждают работоспособность предложенной методики определения радиусов кривых в плане и возможность ее применения для автоматизированного анализа геометрических характеристик маршрутов движения.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Таким образом, на основании проведенных исследований были получены математические выражения для определения наличия и характеристик вертикальных и горизонтальных кривых автомобильных дорог, а также оценки видимости встречного автомобиля на данных участках, отличающиеся от известных тем, что их применение обеспечивает не изолированный расчет расстояния видимости или радиуса кривой, а совместную оценку профиля дороги и планового положения маршрута в единой расчетной схеме. Это позволяет устанавливать связь между фактической геометрией вертикальных и горизонтальных кривых и условиями видимости встречного автомобиля без использования данных специализированной инструментальной съемки, наземной стереофотограмметрии или мобильного лазерного сканирования с погрешностью не более 5%. Предложен алгоритм по оценке фактической видимости встречного автомобиля вдоль маршрута и определения радиусов горизонтальных кривых с выделением прямолинейных и криволинейных участков при минимальном наборе исходных данных в виде траектории и высотных отметок, отличающийся от известных приведением маршрута к равномерному шагу 1 м по длине и сглаживания высотного профиля, что снижает влияние шумов и неравномерности распределения исходных точек. В свою очередь корректность геометрического выделения элементов плана обеспечивается преобразованием географических координат в локальную метрическую систему за счет формирования точек с фиксированным шагом по длине маршрута и сглаживанием значений кривизны, благодаря чему уменьшается влияние случайных погрешностей и повышается достоверность определения границ участков с различным направлением движения. При этом

не требуется существенных капиталоёмких затрат на разработку специализированного программного обеспечения и применение реализующих его технических средств.

Кроме того, практическая реализация данных методик не вызовет трудностей даже у должностных лиц, не обладающих соответствующей инженерной подготовкой. В том числе при расследовании и экспертизе ДТП, произошедших на участках вертикальных и горизонтальных кривых автомобильных дорог [20]. В перспективе реализация описанных подходов позволит оценивать безопасность маршрутов движения различных типов автотранспортных средств и категорий водителей при планировании поездки.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Петров А.И. Динамика и прогноз обеспечения безопасности дорожного движения в России до 2030 г. // Проблемы прогнозирования. 2024; (5): 152–164. <https://doi.org/10.47711/0868-6351-206-152-164>. EDN DYSJYY.
2. Ляхов П.В. Безопасность дорожного движения в Российской Федерации в условиях изменения внешней среды в 2023 г. // Безопасность дорожного движения. 2024; (1):78–80. EDN EHRLFB.
3. Печатнова Е.В., Нечаев К.С. Факторы формирования аварийно-опасных участков на автомобильных дорогах федерального значения // Вестник СибАДИ. 2023. Т. 20, № 1(89). С. 92–101. <https://doi.org/10.26518/2071-7296-2023-20-1-92-101>. EDN HFGKBJ.
4. Печатнова Е.В., Новиков И.А., Кирюшин И.И., Нагорный Н.Н. Факторы дорожно-транспортной аварийности в пригородной зоне // Вестник СибАДИ. 2024. Т.21, № 5. С. 714–725. <https://doi.org/10.26518/2071-7296-2024-21-5-714-725>. EDN BCXWHL.
5. Шевченко С.М., Алексеев С.В., Занин Д.И., Занина А.Д., Аверченко Г.А. Технологические процессы обеспечения безопасности дорожного движения на дорогах Санкт-Петербурга и Ленинградской области // Инновационные транспортные системы и технологии. 2024. Т. 10, № 1. С. 41–58. <https://doi.org/10.17816/transsyst624226>
6. Кондратьев В.Д., Лисин В.В. Безопасность дорожного движения – необходимость дальнейших мер // Безопасность дорожного движения. 2022; (3): 5–12. MOSURED 77/27-026-2022-1-266
7. Куракина Е.В., Слярова А.А. Повышение уровня безопасности дорожного движения в системе «Участник дорожного движения – транспортное средство – дорога – внешняя среда» // Вестник СибАДИ. 2020; 17(4):488–499. <https://doi.org/10.26518/2071-7296-2020-17-4-488-499>
8. Бакланова К.В. Влияние параметров транспортного потока и характеристик дорог на безопасность дорожного движения // Интеллект. Инновации. Инвестиции. 2023; (2): 99–110. <https://doi.org/10.25198/2077-7175-2023-2-99>

9. Меньшиков А.М., Осин Д.С., Шарова Т.М. Инновационный метод определения параметров закруглений лесных автомобильных дорог // Системы. Методы. Технологии. 2024. № 3(63). С. 105–112. <https://doi.org/10.18324/2077-5415-2024-3-105-112>
10. Синкович М.Р., Озорнин С.П. Обеспечение безопасности движения автотранспортных средств при совершении маневра обгон // Вестник ИргТУ. Иркутск. 2011; (10):113–120.
11. Тихомиров П.В., Скрыпников А.А., Володина Ю.Ю. [и др.]. Определение видимости в плане лесовозной автомобильной дороги методом наземной стереофотограмметрии // Лесной вестник. Forestry Bulletin. 2023; 27(4):159–171. <https://doi.org/10.18698/2542-1468-2023-4-159-171>. EDN NNOHWI.
12. Gargoum S.A., El-Basyouny K., Sabbagh J. Assessing Stopping and Passing Sight Distance on Highways Using Mobile LiDAR Data. *Journal of Computing in Civil Engineering*. 2018; 32(4): [https://doi.org/10.1061/\(ASCE\)CP.1943-5487.0000753](https://doi.org/10.1061/(ASCE)CP.1943-5487.0000753)
13. Agina S., Shalkamy A., Gouda M., El-Basyouny K. Automated Assessment of Passing Sight Distance on Rural Highways using Mobile LiDAR Data. *Transportation Research Record*. 2021; 2675(12):676–688 <https://doi.org/10.1177/03611981211031235>.
14. Ma Y., Easa S., Cheng J., Yu B. Automatic Framework for Detecting Obstacles Restricting 3D Highway Sight Distance Using Mobile Laser Scanning Data. *Journal of Computing in Civil Engineering*. 2021;35(4):04021008 [https://doi.org/10.1061/\(ASCE\)CP.1943-5487.0000973](https://doi.org/10.1061/(ASCE)CP.1943-5487.0000973)
15. Kilani O., Gouda M., Weib J., El-Basyouny K. Safety Assessment of Urban Intersection Sight Distance Using Mobile LiDAR Data. *Sustainability*. 2021;13(16):9259. <https://doi.org/10.3390/su13169259>
16. Ai C., Tsai Y.J. Automatic Horizontal Curve Identification and Measurement Method Using GPS data. *Journal of Transportation Engineering*. 2015;141(2):04014078 [https://doi.org/10.1061/\(ASCE\)TE.1943-5436-0000740](https://doi.org/10.1061/(ASCE)TE.1943-5436-0000740)
17. Bejleri I., Xu X., Brown D., Srinivasan S., Agarwal N. Automatic Horizontal Curve Identification for Large Areas from Geographic Information System Roadway Centerlines. *Transportation Research Record*. 2021;2675(12):1088–1105. <https://doi.org/10.1177/03611981211032220>
18. Ge. H., Qiu S., Hou Q., Wang J., Ai C. Development of a Large-Scale Horizontal Curve Inventory for Safety Analysis Using Open GIS Data. *Intelligent Transportation Infrastructure*. 2024;3:liae015. <https://doi.org/10.1093/iti/liae015>
19. GraphHopper Directions API [сайт]. GraphHopper; [цитировано 20.04.2026]. Доступно: <https://www.graphhopper.com/products/>
20. Новиков И.А., Лазарев Д.А., Зиборова Е.И., Жихарев А.Г. Совершенствование дорожно-транспортной экспертизы в сфере безопасности дорожного движения путем внедрения методологии комплексного определения составляющих механизма дорожно-транспортных происшествий // Мир транспорта и технологических машин. 2024. № 1-3(84). С. 71–81. [https://doi.org/10.33979/2073-7432-2024-1-3\(84\)-71-81](https://doi.org/10.33979/2073-7432-2024-1-3(84)-71-81)

REFERENCES

1. Petrov A.I. Trends and Forecasts for Road Safety in Russia through 2030. *Problems of Forecasting*. 2024; (5):152–164. <https://doi.org/10.47711/0868-6351-206-152-164>. EDN DYSJYY.
2. Lyakhov P.V. Road Safety in the Russian Federation Amid a Changing External Environment in 2023. *Road Safety*. 2024; (1):78–80. EDN EHRLFB.
3. Pechatnova E.V., Nechaev K.S. Factors Contributing to the Formation of Hazardous Sections on Federal Highways. *SibADI Bulletin*. 2023. Vol. 20, No. 1(89). pp. 92–101. <https://doi.org/10.26518/2071-7296-2023-20-1-92-101>. EDN HFGKBJ.
4. Pechatnova E.V., Novikov I.A., Kiryushin I.I., Nagorny N.N. Factors of road traffic accidents in sub-urban areas. *SibADI Bulletin*. 2024. Vol. 21, No. 5. pp. 714–725. <https://doi.org/10.26518/2071-7296-2024-21-5-714-725>. EDN BCXWHL.
5. Shevchenko S.M., Alekseev S.V., Zanin D.I., Zanina A.D., Averchenko G.A. Technological processes for ensuring road safety on the roads of St. Petersburg and the Leningrad Region. *Innovative Transport Systems and Technologies*. 2024. Vol. 10, No. 1. pp. 41–58. <https://doi.org/10.17816/transsynt624226>
6. Kondratyev V.D., Lisin V.V. Road Safety – The Need for Further Measures. *Road Safety*. 2022; (3): 5–12. MOSURED 77/27-026-2022-1-266
7. Kurakina E.V., Sklyarova A.A. Improving road safety within the “road user – vehicle – road – external environment” system. *SibADI Bulletin*. 2020; 17(4):488–499. <https://doi.org/10.26518/2071-7296-2020-17-4-488-499>
8. Baklanova K.V. The Impact of Traffic Flow Parameters and Road Characteristics on Road Safety. *Intellect. Innovations. Investments*. 2023; (2): 99–110. <https://doi.org/10.25198/2077-7175-2023-2-99>
9. Menshikov A.M., Osin D.S., Sharova T.M. An Innovative Method for Determining the Curvature Parameters of Forest Roads. *Systems. Methods. Technologies*. 2024. No. 3(63). Pp. 105–112. <https://doi.org/10.18324/2077-5415-2024-3-105-112>
10. Sinkovich M.R., S.P. Ozornin. Ensuring the safety of motor vehicles during overtaking maneuvers / M.R. Sinkovich, S.P. Ozornin. *Bulletin of Irkutsk State Technical University*. Irkutsk, 2011; (10): 113–120.
11. Tikhomirov P.V., Skrypnikov A.A., Volodina Yu.Yu. [et al.] Determination of visibility along a timber haulage road using ground-based stereophotogrammetry. *Forestry Bulletin*. 2023; 27(4):159–171. <https://doi.org/10.18698/2542-1468-2023-4-159-171>. EDN NNOHWI.
12. Gargoum S.A., El-Basyouny K., Sabbagh J. Assessing Stopping and Passing Sight Distance on Highways Using Mobile LiDAR Data. *Journal of Computing in Civil Engineering*. 2018; 32(4): [https://doi.org/10.1061/\(ASCE\)CP.1943-5487.0000753](https://doi.org/10.1061/(ASCE)CP.1943-5487.0000753)
13. Agina S., Shalkamy A., Gouda M., El-Basyouny K. Automated Assessment of Passing Sight

Distance on Rural Highways using Mobile LiDAR Data. *Transportation Research Record*. 2021; 2675(12):676-688 <https://doi.org/10.1177/03611981211031235>

14. Ma Y., Easa S., Cheng J., Yu B. Automatic Framework for Detecting Obstacles Restricting 3D Highway Sight Distance Using Mobile Laser Scanning Data. *Journal of Computing in Civil Engineering*. 2021;35(4):04021008 [https://doi.org/10.1061\(ASCE\)CP.1943-5487.0000973](https://doi.org/10.1061(ASCE)CP.1943-5487.0000973)

15. Kilani O., Gouda M., Weib J., El-Basyouny K. Safety Assessment of Urban intersection Sight Distance Using Mobile LiDAR Data. *Sustainability*. 2021;13(16):9259. <https://doi.org/10.3390/su13169259>

16. Ai C., Tsai Y.J. Automatic Horizontal Curve Identification and Measurement Method Using GPS data. *Journal of Transportation Engineering*. 2015;141(2):04014078 [https://doi.org/10.1061\(ASCE\)TE.1943-5436-0000740](https://doi.org/10.1061(ASCE)TE.1943-5436-0000740)

17. Bejleri I., Xu X., Brown D., Srinivasan S., Agarwal N. Automatic Horizontal Curve Identification for Large Areas from Geographic Information System Roadway Centerlines. *Transportation Research Record*. 2021;2675(12):1088-1105. <https://doi.org/10.1177/03611981211032220>

18. Ge. H., Qiu S., Hou Q., Wang J., Ai C. Development of a Large-Scale Horizontal Curve Inventory for Safety Analysis Using Open GIS Data. *Intelligent Transportation Infrastructure*. 2024;3:liae015. <https://doi.org/10.1093/iti/liae015>

19. GraphHopper Directions API [сайт]. GraphHopper; [цитировано 20.04.2026]. Доступно: <https://docs.graphhopper.com/>

20. Novikov I.A., Lazarev D.A., Ziborova E.I., Zhikharev A.G. Improving Road Traffic Expertise in the Field of Road Safety by Implementing a Methodology for the Comprehensive Determination of the Components of Road Traffic Accident Mechanisms. *World of Transport and Technological Machines*. 2024. No. 1-3(84). Pp. 71–81. [https://doi.org/10.33979/2073-7432-2024-1-3\(84\)-71-81](https://doi.org/10.33979/2073-7432-2024-1-3(84)-71-81)

ЗАЯВЛЕННЫЙ ВКЛАД АВТОРОВ

Ефимов А.Д. Постановка цели и задачи работы, окончательное утверждение готовой работы.

Алибагандов А.О. Разработка методик автоматизированной оценки видимости встречного автомобиля и определения радиусов криволинейных участков, программная реализация алгоритмов обработки исходных данных, выполнение расчетов.

Бессарабов А.Н. Организационные вопросы в ходе написания научной работы.

Нехаева У.А. Организационная работа в процессе подготовки текста научной статьи.

COAUTHORS' CONTRIBUTION

Efimov A.D. Setting the objectives and tasks of the research work; final approval of the completed article.

Alibagandov A.O. Development of methods for the automated assessment of oncoming vehicle visibility and the determination of the radii of curved sections; software implementation of algorithms for processing initial data; performing calculations.

Bessarabov A.N. Organizational issues resolving in the process of writing the research paper.

Nekhaeva U.A. Organizational work in the process of preparing the scientific article.

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ

Ефимов Артем Дмитриевич – канд. техн. наук, доц., заведующий кафедрой «Международные логистические системы и комплексы» Южно-Российского государственного политехнического университета (НПИ) имени М.И. Платова (346428, г. Новочеркасск, ул. Просвещения, 132).

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-8214-8150>,

SPIN-код: 9266-7287,

e-mail: e1984ad@mail.ru

Алибагандов Алибаганд Омарович – аспирант кафедры «Международные логистические системы и комплексы» Южно-Российского государственного политехнического университета (НПИ) имени М.И. Платова (346428, г. Новочеркасск, ул. Просвещения, 132).

ORCID: <https://orcid.org/0009-0005-0792-3056>,

SPIN-код: 9911-0962,

e-mail: Alibagand1999@mail.ru

Бессарабов Алексей Николаевич – канд. техн. наук, доц. кафедры «Международные логистические системы и комплексы» Южно-Российского государственного политехнического университета (НПИ) имени М.И. Платова (346428, г. Новочеркасск, ул. Просвещения, 132).

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-5426-6670>,

SPIN-код: 4021-4837,

e-mail: bess777@mail.ru

Нехаева Ульяна Александровна – студент кафедры «Международные логистические системы и комплексы» Южно-Российского государственного политехнического университета (НПИ) имени М.И. Платова (346428, г. Новочеркасск, ул. Просвещения, 132).

ORCID: <https://orcid.org/0009-0001-8838-0057>,

SPIN-код: 8773-7750,

e-mail: n.u.n.u@inbox.ru

INFORMATION ABOUT THE AUTHORS

Efimov Artem D. – Candidate of Technical Sciences, Associate Professor, Head of the Department of «International Logistics Systems and Complexes», South Russian State Polytechnic University (NPI) named after M.I. Platon (132, Prosveshcheniya Street, Novocherkassk, 346428).

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-8214-8150>,

SPIN-code: 9266-7287,

e-mail: e1984ad@mail.ru

Alibagandov Alibagand O. – postgraduate student of the Department of «International Logistics Systems and Complexes», South Russian State Polytechnic

University (NPI) named after M.I. Platov (132, Prosveshcheniya Street, Novocherkassk, 346428).

ORCID: <https://orcid.org/0009-0005-0792-3056>,

SPIN-code: 9911-0962,

e-mail: Alibagand1999@mail.ru

Bessarabov Aleksey N. - Candidate of Technical Sciences, Associate Professor, Department of «International Logistics Systems and Complexes», South Russian State Polytechnic University (NPI) named after M.I. Platov (132, Prosveshcheniya Street, Novocherkassk, 346428).

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-5426-6670>,

SPIN-code: 4021-4837,

e-mail: bess777@mail.ru

Nekhaeva Ulyana A. – student, Department of «International Logistics Systems and Complexes», South Russian State Polytechnic University (NPI) named after M.I. Platov (132, Prosveshcheniya Street, Novocherkassk, 346428).

ORCID: 0009-0001-8838-0057,

SPIN-code: 8773-7750,

e-mail: n.u.n.u@inbox.ru