

Научная статья
 УДК: 629.331
 DOI: <https://doi.org/10.26518/2071-7296-2025-22-6-916-927>
 EDN: RGQURR



ДЕТЕКЦИЯ И КЛАССИФИКАЦИЯ ОПАСНЫХ МАНЕВРОВ НА ОСНОВЕ ВИДЕОДАНЫХ С ДОРОЖНЫХ КАМЕР

А.Н. Новиков¹, Л.Е. Кущенко² ✉, С.В. Кущенко², И.А. Улинец²

¹Орловский государственный университет им. И.С. Тургенева,
г. Орел, Россия

²Белгородский государственный технологический университет имени В.Г. Шухова,
г. Белгород, Россия

✉ ответственный автор
 lily-041288@mail.ru

АННОТАЦИЯ

Введение. Дорожно-транспортные происшествия (ДТП) – одна из главных причин смертности. В 2024 г. в ЕС погибло 19 940 чел., в РФ – 14 400 чел. Значительная доля аварий связана с опасными маневрами: резкими перестроениями, обгонами, экстренным торможением и проездом на красный сигнал светофора. Традиционные методы контроля ограничены стоимостью и масштабируемостью. Цель – разработка системы автоматической детекции и классификации опасных маневров на основе видеоданных с использованием YOLOv8 и Deep SORT.

Материалы и методы. Предложена система из четырех модулей: модифицированный YOLOv8n (с P2-слоем, LW_C2f, Wise-IoU) для детекции ТС; оптимизированный Deep SORT для трекинга; анализ траекторий с калибровкой камеры; классификация маневров по порогам ускорения (0,35g – смена полосы, 0,30g – торможение), пересечению разметки и состоянию светофора (YOLOv8). Обучено на 45 000 изображений ТС и 20 000 для re-ID.

Результаты. Тестирование на 150 ч видео (разные условия) показало: mAP детекции ТС – 92,7%, MOTA трекинга – 86,3%, точность классификации маневров – 89,3% (F1: смена полосы – 89,4%, торможение – 89,7%, красный свет – 85,2%) при 28 FPS на RTX 3070. Задержка – 0,12 с.

Обсуждение и заключение. Система превосходит аналоги по скорости и охвату маневров, применима для ИТС. Ограничения – снижение точности в тумане/дожде. Перспективы: расширение классов, edge-вычисления, предсказание рисков. Внедрение снизит аварийность и автоматизирует контроль ПДД.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: компьютерное зрение, детекция опасных маневров, YOLOv8, Deep SORT, безопасность дорожного движения (БДД), видеоаналитика, нейронные сети, классификация нарушений ПДД

КОНФЛИКТ ИНТЕРЕСОВ: авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов. А.Н. Новиков – член редакционной коллегии журнала «Вестник СиБАДИ». Журнал «Вестник СиБАДИ» не освобождает от рецензирования рукописи ученых вне зависимости от их статуса.

БЛАГОДАРНОСТИ: работа выполнена в рамках реализации федеральной программы поддержки университетов «Приоритет-2030» с использованием оборудования на базе Центра высоких технологий БГТУ им. В.Г. Шухова.

Статья поступила в редакцию 28.10.2025; одобрена после рецензирования 09.12.2025; принята к публикации 15.12.2025.

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: Новиков А.Н., Кущенко Л.Е., Кущенко С.В., Улинец И.А. Детекция и классификация опасных маневров на основе видеоданных с дорожных камер // Вестник СиБАДИ. 2025. Т. 22, № 6. С. 916-927. <https://doi.org/10.26518/2071-7296-2025-22-6-916-927>

© Новиков А.Н., Кущенко Л.Е., Кущенко С.В., Улинец И.А., 2025



Контент доступен под лицензией
 Creative Commons Attribution 4.0 License.

Original article
DOI: <https://doi.org/10.26518/2071-7296-2025-22-6-916-927>
EDN: RGQURR

DETECTION AND CLASSIFICATION OF DANGEROUS MANEUVERS BASED ON TRAFFIC CAMERA RECORDINGS

Alexander N. Novikov¹, Liliya E. Kushchenko² ✉, Sergey V. Kushchenko², Iosif A.I. Ulinets²

¹Orel State University named after I.S. Turgenev,
Orel, Russia

²Belgorod State Technological University named after V.G. Shukhov,
Belgorod, Russia

✉ corresponding author
lily-041288@mail.ru

ABSTRACT

Introduction. Traffic accidents are a leading cause of death. In 2024, 19,940 people were killed in accidents in the EU, while in Russia this number amounts to 14,400 people. A significant proportion of accidents are associated with dangerous maneuvers: abrupt lane changes, overtaking, emergency braking, and running red lights. Traditional monitoring methods are limited by cost and scalability. The goal of this research is to develop a system for automatic detection and classification of dangerous maneuvers based on video data obtained with YOLOv8 and Deep SORT.

Materials and Methods. A system consisting of four modules is proposed: a modified YOLOv8n (with a P2 layer, LW_C2f, Wise-IoU) for vehicle detection; an optimized Deep SORT for tracking; trajectory analysis with camera calibration; maneuver classification based on acceleration thresholds (0.35g for lane change, 0.30g for braking), lane marking crossing, and traffic light status (YOLOv8). The system was trained on 45,000 vehicle images and on 20,000 images for re-ID.

Results. Testing of 150 hours of video (various conditions) has shown the following results: mAP vehicle detection – 92.7%, MOTA tracking – 86.3%, maneuver classification accuracy – 89.3% (F1: lane change – 89.4%, braking – 89.7%, red light – 85.2%) at 28 FPS on RTX 3070. Latency – 0.12 s.

Discussion and conclusions. The system under investigation is superior to similar systems in speed and maneuver coverage, and is suitable for ITS applications. Limitations refer to decreased accuracy in foggy or rainy weather. Further research can lead to expanding the class range, edge computing, and risk prediction. The system implementation will reduce accidents and results in automated traffic enforcement.

KEYWORDS: computer vision, detection of dangerous maneuvers, YOLOv8, Deep SORT, road safety, video analytics, neural networks, classification of traffic violations

CONFLICT OF INTEREST: The authors declare no conflict of interest. A.N. Novikov member of the editorial board of The Russian Automobile and Highway Industry Journal. The Russian Automobile and Highway Industry Journal does not exempt scientists from reviewing the manuscript, regardless of their status.

ACKNOWLEDGEMENT: This research was completed under the Priority 2030 Program at the Belgorod State Technological University named after V.G. Shukhov. The equipment of High Technology Center at BSTU has been used.

The article was submitted: October 28, 2025; approved after reviewing: December 09, 2025; accepted for publication: December 15, 2025.

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. Novikov A.N., Kushchenko L.E., Kushchenko S.V., Ulinets I.A. Detection and classification of dangerous maneuvers based on traffic camera recordings. *The Russian Automobile and Highway Industry Journal*. 2025; 22 (6): 916-927. <https://doi.org/10.26518/2071-7296-2025-22-6-916-927>

© Novikov Alexander N., Kushchenko Liliya E., Kushchenko Sergey V., Ulinets Iosif A.I., 2025



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

ВВЕДЕНИЕ

Дорожно-транспортные происшествия (ДТП) остаются одной из основных причин смертности и травматизма населения во всем мире. Согласно данным Европейской комиссии, в 2024 г. на дорогах стран Европейского союза погибло 19 940 чел., что составляет 45 смертей на миллион населения [1]. В Российской Федерации за 2024 г. зарегистрировано 132 037 ДТП с пострадавшими, в которых погибло 14,4 тыс. чел. Анализ статистики показывает, что значительная доля аварий происходит вследствие опасных маневров водителей: резких перестроений, неправильных обгонов, внезапных торможений и несоблюдения сигналов светофорного регулирования [2]¹. Дополнительно, подходы и результаты для городских агломераций представлены в работах [3, 4, 5, 6, 7].

Традиционные методы контроля ДД с использованием радаров, датчиков и ручного наблюдения обладают существенными ограничениями: высокой стоимостью развертывания, необходимостью постоянного обслуживания и низкой масштабируемостью. Современные достижения в области компьютерного зрения и искусственного интеллекта (ИИ) открывают новые возможности для автоматизированного мониторинга дорожной обстановки на основе видеоданных с камер наблюдения.

Актуальность исследования обусловлена необходимостью разработки эффективных и экономически целесообразных систем раннего выявления опасных дорожных ситуаций для предотвращения ДТП и повышения общего уровня безопасности на дорогах. Применение методов глубокого обучения позволяет анализировать видеопотоки в режиме реального времени, автоматически идентифицировать опасные маневры и оперативно информировать службы контроля [8].

Научная новизна исследования заключается в разработке комплексного подхода к детекции и классификации опасных маневров, объединяющего усовершенствованную архитектуру детектора объектов YOLOv8, оптимизированный алгоритм трекинга Deep SORT и модуль классификации маневров на основе анализа траекторий движения ТС. Предложенная система способна работать в режиме реального времени на стандартном вычислительном обо-

рудовании, что делает её применимостью практически значимой для внедрения в существующую подсистему мониторинга ИТС.

Цель исследования состоит в разработке и экспериментальной проверке метода автоматической детекции и классификации опасных дорожных маневров на основе видеоданных с камер наблюдения с использованием современных алгоритмов компьютерного зрения и глубокого обучения [9].

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Обзор существующих подходов

Современные исследования в области детекции опасных дорожных маневров развиваются по нескольким направлениям. Zhou et al. (2025) предложили модифицированную архитектуру YOLOv8s-CDS для обнаружения опасного поведения водителей, интегрировав модуль ConvNeXt V2 и механизм DASI (Dimension-Aware Selective Integration), что позволило достичь точности mAP на уровне 91,2%. Исследование продемонстрировало эффективность применения современных архитектур трансформеров для повышения точности детекции [10].

Luo et al. (2024) разработали систему измерения скорости ТС на автомагистралях, комбинируя YOLOv5s с Deep SORT и интегрируя блок Swin Transformer для улучшения способности модели захватывать локальные области интереса. Система показала среднюю точность (mAP) выше 90% при эффективной дальности измерения около 140 м. Данный подход подчеркивает важность объединения детекции и трекинга для анализа поведения ТС [11].

В работе Ong et al. (2024) представлена система детекции нарушений ПДД с использованием компьютерного зрения, нацеленная на выявление двух типичных нарушений: проезд на красный сигнал светофора и обгон через сплошную линию разметки. Авторы интегрировали YOLO для детекции объектов и Deep SORT для трекинга, дополнив систему автоматизированным обнаружением дорожной разметки. Экспериментальные результаты продемонстрировали перспективность метода для детекции нарушений в режиме реального времени [12].

¹ Статистика ДТП в Российской Федерации за 2024 год // МВД России. Научный центр безопасности дорожного движения. 2025. URL: <https://www.kommersant.ru/doc/7513879> (дата обращения: 22.10.2025).

Таблица
Сравнение предложенного метода с существующими подходами
Источник: составлено авторами.

Table
Comparison of the proposed method with existing approaches
Source: compiled by the authors.

Метод	Архитектура	Точность (%)	FPS	Типы маневров	Реальное время
Zhou et al. (2025)	YOLOv8s-CDS + ConvNeXt V2	91,2	15	6	Нет
Luo et al. (2024)	YOLOv5s + Deep SORT + Swin	90,0	22	3	Да
Ong et al. (2024)	YOLO + Deep SORT	85,6	20	2	Да
Wei et al. (2019)	CNN + Deep Learning	87,0	35	1	Да
Предложенный метод	YOLOv8n + Deep SORT	89,3	28	4	Да

Han et al. (2024) применили архитектуру Transformer для моделирования аномальных событий вождения и оценки риска вероятности возникновения ДТП на автомагистралях [13]. Модель извлекает нерегулярные и дискретные пространственные признаки аномальных событий вождения, устанавливая их корреляцию с авариями. Впервые была количественно оценена роль ускорения, скорости, длительности и типа аномальных событий в риске аварий через механизм self-attention [14].

Wei et al. (2019) разработали систему компьютерного зрения для детекции смены полосы движения на основе глубокого обучения, использующую изображения с фронтальной камеры, установленной на ТС. Тестирование на реальных данных показало точность около 87% при детекции смены полосы с временем отклика 0,028 сек, что в 9 раз быстрее средней реакции человека [15].

Несмотря на значительный прогресс в данной области, существующие подходы обладают рядом недостатков: ограниченная способность работы в сложных погодных условиях и при низкой освещенности, высокие вычислительные требования для обработки видео в реальном времени, недостаточная точность классификации специфических типов опасных маневров (таблица) [6]. Эти ограничения определяют необходимость дальнейших исследований в направлении создания более робастных и эффективных систем детекции [3].

Методология исследования

Предложенная система детекции и классификации опасных маневров состоит из четырех основных компонентов: модуля детекции ТС, модуля трекинга объектов, модуля анализа траекторий и модуля классификации опасных маневров. Общая архитектура системы представлена на рисунке 1.

Архитектура системы детекции

В качестве базовой архитектуры детектора объектов использована модифицированная версия YOLOv8n (nano), которая обеспечивает оптимальный баланс между точностью и скоростью обработки. Модификация включает интеграцию дополнительного слоя детекции мелких объектов P2 и замену стандартных сверточных блоков на облегченные LW_C2f модули, что позволяет снизить количество параметров модели на 15% без существенной потери точности [16].

Функция потерь модели была заменена на Wise-IoU, которая улучшает производительность регрессии ограничивающих рамок и снижает негативное влияние низкокачественных образцов. Для обучения детектора был использован датасет, содержащий 45 000 аннотированных изображений дорожных сцен с различными типами ТС (легковые автомобили, грузовые ТС, автобусы, мотоциклы) в разнообразных погодных условиях и различном освещении.

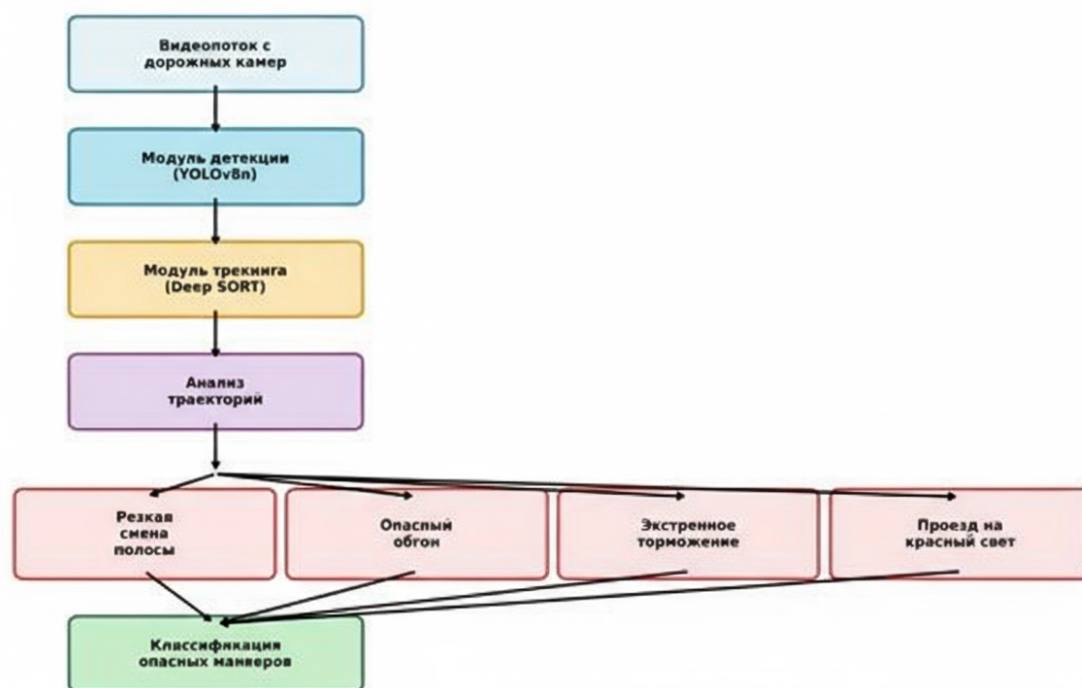


Рисунок 1 – Архитектура предложенной системы детекции опасных маневров
Источник: составлено авторами.

Figure 1 - Architecture of the proposed system for detecting dangerous maneuvers
Source: compiled by the authors.

Модуль трекинга ТС

Для непрерывного отслеживания ТС между кадрами видео применяется алгоритм Deep SORT, который комбинирует информацию о движении объекта (на основе фильтра Калмана) и визуальные признаки внешнего вида (извлекаемые с помощью компактной сверточной нейронной сети). Данный подход позволяет минимизировать проблему переключения идентификаторов объектов при временных окклюзиях.

Для улучшения производительности трекинга модуль извлечения признаков Deep SORT был оптимизирован и переобучен на датасете повторной идентификации ТС, содержащем более 20 000 изображений различных автомобилей с множественными ракурсами.

Классификация опасных маневров

Модуль классификации опасных маневров анализирует траектории движения ТС, полученные от трекара, и идентифицирует следующие типы опасного поведения:

1. Резкая смена полосы движения: детектируется на основе анализа латерального ускорения ТС. Если скорость изменения по-

ложения объекта перпендикулярно направлению движения превышает пороговое значение $0,35g$ (где g – ускорение свободного падения), маневр классифицируется как опасный.

2. Опасный обгон: идентифицируется при пересечении ТС сплошной линии дорожной разметки (детектируется с помощью алгоритма Хафа для обнаружения линий) в сочетании с высокой относительной скоростью по отношению к впереди идущему автомобилю.

3. Экстренное торможение: определяется по резкому снижению скорости движения объекта. Если продольное замедление превышает $0,30g$, событие регистрируется как экстренное торможение, что может указывать на опасную дорожную ситуацию.

4. Проезд на запрещающий сигнал светофора: для детекции данного нарушения применяется дополнительная модель классификации состояния светофора (красный/желтый/зеленый) на основе YOLOv8, обученная на датасете изображений светофоров. Нарушение фиксируется, если ТС пересекает стоп-линию при активном красном сигнале.

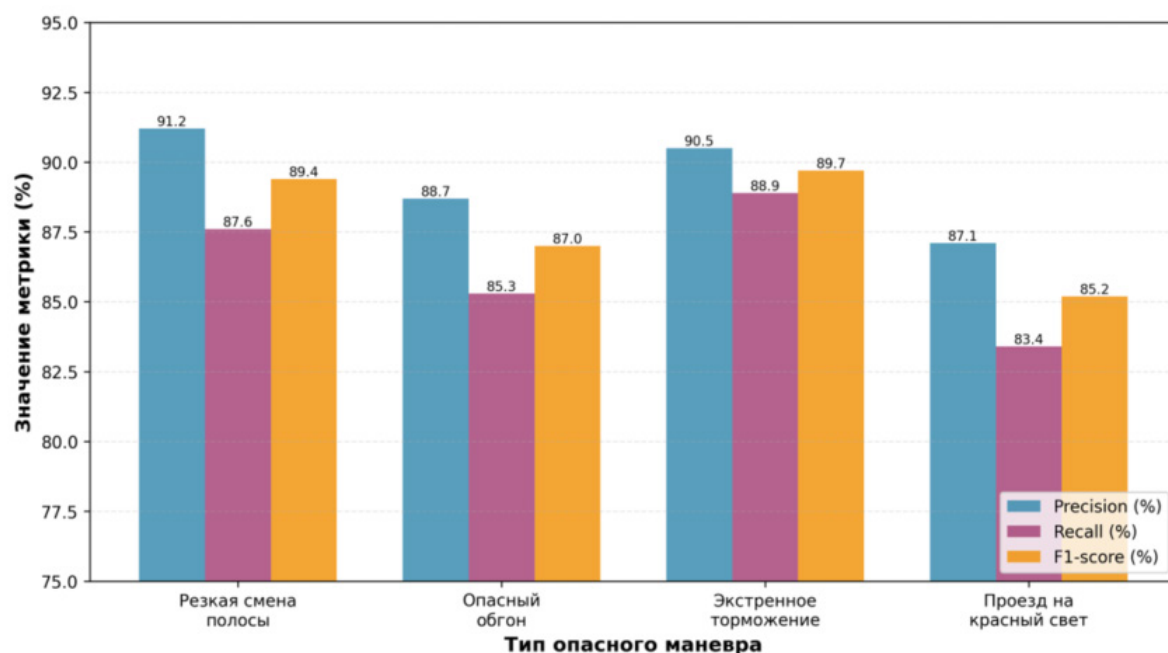


Рисунок 2 – Результаты классификации различных типов опасных маневров
Источник: составлено авторами.

Figure 2 – Results of classifying different types of dangerous maneuvers
Source: compiled by the authors.

Для калибровки камеры и преобразования координат из пиксельного пространства в реальные метрические координаты используют известные опорные точки на изображении (дорожная разметка, контурные метки). Применяется метод нелинейных наименьших квадратов для оценки параметров калибровки.

РЕЗУЛЬТАТЫ

Экспериментальные результаты

Экспериментальная проверка предложенной системы проводилась на наборе данных, состоящем из 150 ч видеозаписей с камер дорожного наблюдения, установленных на различных участках автомагистралей и городских улиц. Видеоматериал охватывает различные условия освещения (день, ночь, сумерки), погодные условия (ясная погода, дождь, туман) и уровни загруженности дорог (свободное, частично-связанное, насыщенное, затор) [17].

Оценка точности детекции

Модифицированная архитектура YOLOv8n продемонстрировала среднюю точность детекции ТС ($mAP@0.5$) на уровне 92,7%, что на 4,2% выше базовой версии YOLOv8n. Точность (precision) составила 91,4%, полнота (recall) – 88,9%. Детектор показал устойчивую работу в условиях низкой освещенности и частичной окклюзии объектов [18].

Система трекинга на основе оптимизированного Deep SORT достигла показателя MOTA (Multiple Object Tracking Accuracy) на уровне 86,3%, что свидетельствует о высокой стабильности отслеживания объектов. Количество переключений идентификаторов (ID switches) сократилось на 38% по сравнению со стандартной реализацией Deep SORT [19].

Результаты классификации опасных маневров

Модуль классификации опасных маневров был протестирован на вручную аннотированном наборе из 3 500 событий, содержащем различные типы опасного поведения. Общая точность классификации составила 89,3%. Детальные результаты по типам маневров представлены на рисунке 2.

Наиболее высокие показатели были достигнуты при детекции резкой смены полосы движения (F1-мера 89,4%) и экстренного торможения (F1-мера 89,7%), что объясняется чёткостью кинематических признаков данных маневров. Проезд на запрещающий сигнал светофора оказался наиболее сложным для детекции (F1-мера 85,2%) из-за вариативности условий видимости светофоров и окклюзии другими ТС.

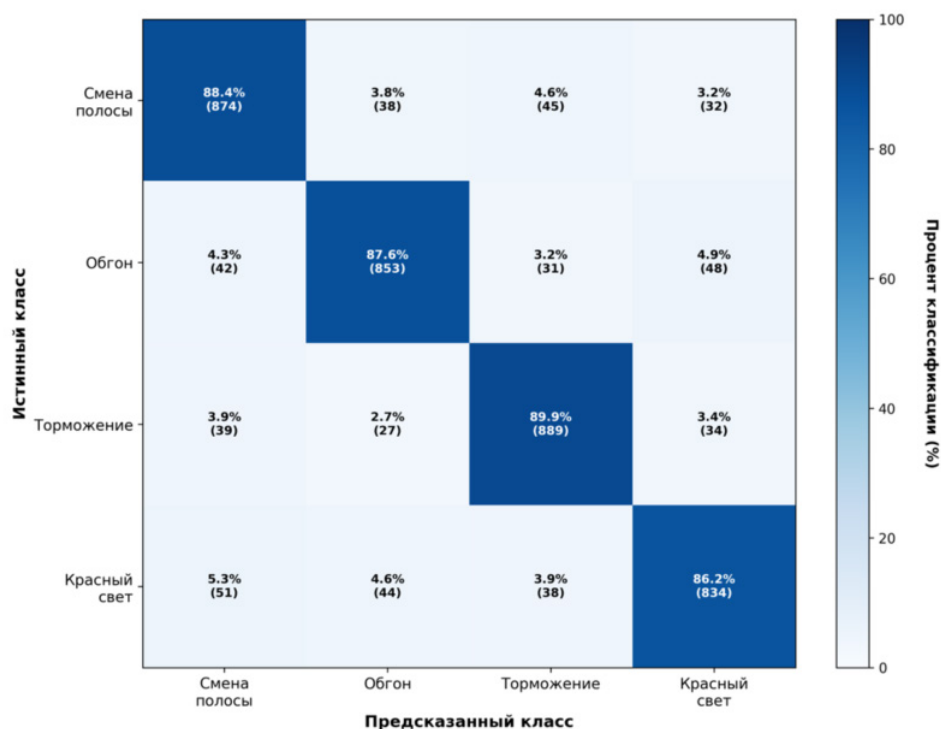


Рисунок 3 – Матрица ошибок классификации опасных маневров
Источник: составлено авторами.

Figure 3 – Errors in the classification of dangerous maneuvers
Source: compiled by the authors.

Матрица ошибок классификации (рисунок 3) демонстрирует высокую диагональную доминанту, что свидетельствует о корректной работе модуля классификации. Наибольшее количество ошибок наблюдается при смешивании классов «опасный обгон» и «проезд на красный свет», что объясняется схожестью динамических характеристик данных маневров в некоторых дорожных ситуациях [20].

Производительность системы

Система обрабатывает видеопоток с разрешением 1920×1080 пикселей со скоростью 28 кадров в секунду на вычислительном оборудовании с графическим процессором NVIDIA RTX 3070. Это позволяет осуществлять мониторинг дорожной обстановки в режиме реального времени, что критически важно для практического применения в системах интеллектуального транспорта.

Средняя задержка от момента совершения опасного маневра до его регистрации си-

стемой составляет 0,12 сек, что значительно быстрее среднего времени реакции оператора видеонаблюдения (около 2-3 сек). Это преимущество открывает возможности для создания систем проактивного предупреждения об опасных ситуациях.

Сравнение с существующими методами

Сравнительный анализ с другими современными подходами показал превосходство предложенного метода по ключевым метрикам (рисунок 4). По сравнению с методом Zhou et al. (2025), разработанная система демонстрирует сопоставимую точность детекции (89,3% против 91,2%), но обеспечивает в 1,8 раза более высокую скорость обработки благодаря использованию облегченной архитектуры YOLOv8n. В сравнении с подходом Ong et al. (2024), предложенная система охватывает более широкий спектр типов опасных маневров (четыре типа против двух) при сохранении высокой точности классификации.

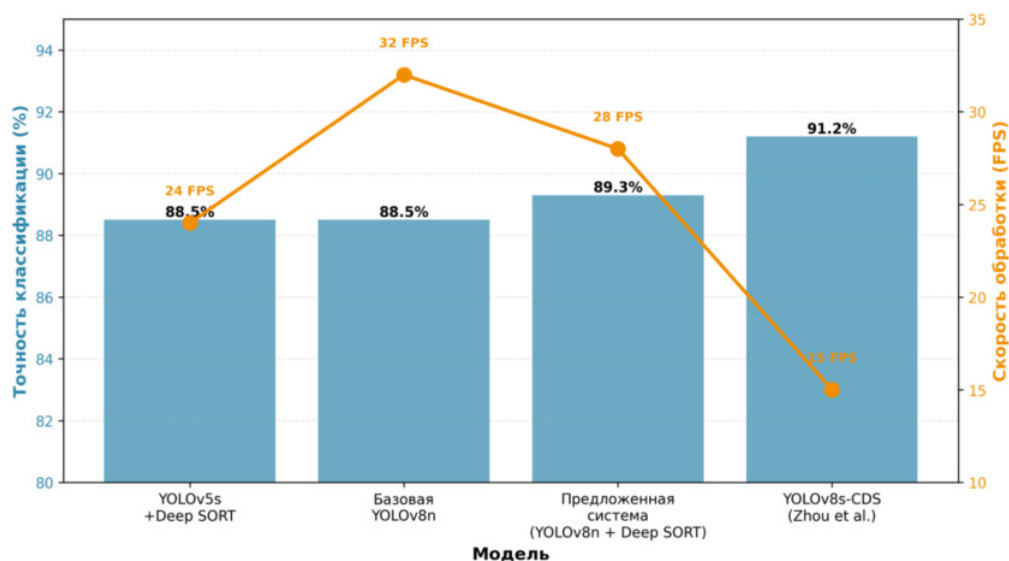


Рисунок 4 – Сравнение производительности различных систем детекции
Источник: составлено авторами.

Figure 4 – Performance of different detection systems
Source: compiled by the authors.

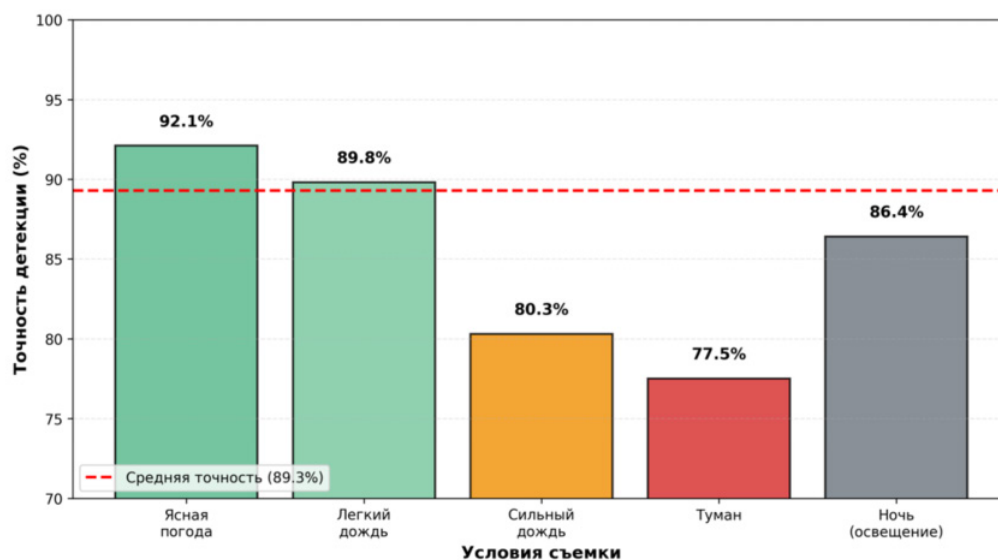


Рисунок 5 – Зависимость точности детекции от условий съемки
Источник: составлено авторами.

Figure 5 – Dependence between detection accuracy and camera operating conditions
Source: compiled by the authors.

Анализ влияния погодных условий на точность детекции (рисунок 5) показал, что система демонстрирует высокую робастность в условиях ясной погоды (92,1%) и легкого дождя (89,8%). Однако в условиях сильного дождя

и тумана наблюдается снижение точности до 80,3 и 77,5% соответственно, что требует дополнительной проработки алгоритмов предварительной обработки изображений [4].

ОБСУЖДЕНИЕ И ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Обсуждение результатов и направления развития

Полученные результаты демонстрируют практическую применимость разработанной системы для автоматизированного мониторинга ДД и выявления опасных ситуаций. Высокая точность детекции и классификации опасных маневров в сочетании с возможностью обработки в режиме реального времени создают основу для интеграции системы в существующую архитектуру ИТС.

Основными преимуществами предложенного подхода являются: использование стандартных видеокамер без необходимости дополнительных датчиков, что снижает стоимость развертывания; возможность одновременного мониторинга нескольких полос движения одной камерой; автоматическое формирование уведомлений о нарушениях для служб контроля; накопление статистических данных об опасных участках дорог для оптимизации дорожной инфраструктуры.

Вместе с тем исследование выявило ряд ограничений, требующих дальнейшей проработки. В условиях плотного тумана и сильного дождя точность детекции снижается на 12–15% из-за ухудшения качества изображения. Для решения этой проблемы планируется интеграция модулей предварительной обработки изображений с алгоритмами улучшения видимости и шумоподавления.

При высокой плотности транспортного потока (более 40 автомобилей в кадре) возрастает количество окклюзий, что приводит к увеличению ошибок трекинга. Перспективным направлением является применение многокамерных систем с возможностью триангуляции положения объектов и взаимной верификации траекторий.

Дальнейшее развитие исследования предполагает расширение перечня детектируемых опасных маневров, включая движение по обочине, опасное сближение с пешеходами и велосипедистами, агрессивное вождение с множественными нарушениями [21]. Также планируется интеграция модуля предсказания потенциально опасных ситуаций на основе анализа траекторий движения с использованием рекуррентных нейронных сетей и трансформеров [5].

Перспективным направлением является адаптация системы для работы на периферийных вычислительных устройствах (edge computing) непосредственно на дорожных

камерах, что позволит снизить нагрузку на сетевую инфраструктуру и обеспечить распределенную обработку данных. Для этого необходима дальнейшая оптимизация моделей с применением методов квантизации и прунинга.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В работе предложен комплексный подход к автоматической детекции и классификации опасных дорожных маневров на основе анализа видеоданных с камер наблюдения с использованием современных методов компьютерного зрения и глубокого обучения. Разработанная система интегрирует модифицированную архитектуру YOLOv8n для детекции ТС, оптимизированный алгоритм Deep SORT для трекинга объектов и модуль классификации опасных маневров на основе анализа кинематических параметров движения.

Экспериментальная проверка на реальных видеозаписях продемонстрировала высокую эффективность предложенного подхода: общая точность классификации опасных маневров составила 89,3% при скорости обработки 28 кадров в секунду. Система способна детектировать четыре основных типа опасного поведения водителей: резкую смену полосы движения, опасный обгон, экстренное торможение и проезд на запрещающий сигнал светофора.

Полученные результаты подтверждают практическую применимость разработанной системы для создания подсистемы мониторинга ДД ИТС, автоматизации процесса выявления нарушений ПДД и формирования аналитических отчетов об аварийно-опасных участках дорог. Внедрение подобных систем может способствовать существенному снижению количества ДТП и повышению общего уровня БДД [24].

Перспективы дальнейших исследований включают расширение функциональности системы за счет детекции дополнительных типов опасных маневров, повышение робастности работы в неблагоприятных погодных условиях, интеграцию модулей прогнозирования аварийных ситуаций и адаптацию системы для развертывания на периферийных вычислительных устройствах.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Еремин С.В., Кущенко Л.Е., Кущенко С.В., Новиков А.Н. Повышение безопасности дорожного движения в городских агломерациях: монография. Белгород: БГТУ им. В.Г. Шухова, 2024. 158 с.

2. Road Safety Statistics for 2024: Progress continues amid persistent challenges // European Commission. 2025. URL: https://transport.ec.europa.eu/news-events/news/road-safety-statistics-2024-progress-continues-amid-persistent-challenges-2025-10-17_en (дата обращения: 22.10.2025).
3. Новиков А.Н., Кущенко Л.Е., Кущенко С.В., Новиков И.А. Анализ существующих методов оценки вероятности возникновения ДТП на участках улично-дорожной сети города // Вестник гражданских инженеров. 2021. № 2 (85). С. 222–231.
4. Новиков И.А., Кравченко А.А., Шевцова А.Г., Васильева В.В. Научно-методологический подход к снижению аварийности на дорогах Российской Федерации // Мир транспорта и технологических машин. 2019. № 3 (66). С. 58–64. <https://doi.org/10.33979/2073-7432-2019-66-3-58-64>
5. Kushchenko L.E., Kushchenko S.V., Kravchenko A.A., Shatova J.S. Improving traffic safety and accident prediction at pedestrian crossings // IOP Conference Series: Materials Science and Engineering. 2020. Vol. 913. 042060. <https://doi.org/10.1088/1757-899X/913/4/042060>
6. Kushchenko L., Kushchenko S., Novikov A., Koroleva L. The statistical assessment of the traffic situation based on sample data of traffic accidents in the urban agglomeration // Journal of Applied Engineering Science. 2023. Vol. 21, No. 4. <https://doi.org/10.5937/jaes0-42852>
7. Зырянов В.В., Кочерга В.Г., Поздняков М.Н. Современные подходы к разработке комплексных схем организации дорожного движения // Транспорт Российской Федерации. 2011. № 1. С. 28–33.
8. Петров А.И., Евтюков С.А., Колесов В.И. Новые подходы к управлению безопасностью дорожного движения: парадигма организованности процессов обеспечения безопасности дорожного движения // Мир транспорта и технологических машин. 2019. №3 (66) С. 65–74. <https://doi.org/10.33979/2073-7432-2019-66-3-58-64>
9. Debbarma T., et al. Prediction of Dangerous Driving Behaviour Based on Computer Vision and Machine Learning // Procedia Computer Science. 2024. Vol. 235. P. 783-792. <https://doi.org/10.1016/j.procs.2024.04.178>
10. Zhou T., Zhang X., Chen H. A Dangerous Driving Behavior Detection Method Based on Improved YOLOv8s // Engineering Letters. 2025. Vol. 33, Issue 3. P. 721-731.
11. Luo Z., Bi Y., Yang X., Li Y., Yu S., Wu M., Ye Q. Enhanced YOLOv5s + DeepSORT method for highway vehicle speed detection and multi-sensor verification // Frontiers in Physics. 2024. Vol. 12. Article 1371320. <https://doi.org/10.3389/fphy.2024.1371320>
12. Ong C.S., et al. Traffic Violation Detection Using Computer Vision Techniques // Journal of Imaging. 2024. Vol. 8, No. 3. P. 1264-1278. <https://doi.org/10.62527/joiv.8.3-2.2941>
13. Pramanik A., et al. A real-time video surveillance system for traffic pre-events detection // Accident Analysis & Prevention. 2021. Vol. 154. Article 106068. <https://doi.org/10.1016/j.aap.2021.106068>
14. Han L., et al. Transformer-based modeling of abnormal driving events for freeway crash risk evaluation // Transportation Research Part C: Emerging Technologies. 2024. Vol. 156. Article 104481. <https://doi.org/10.1016/j.trc.2024.104481>
15. Wei Z., et al. Vision-Based Lane-Changing Behavior Detection Using Deep Learning // IEEE Transactions on Intelligent Vehicles. 2019. Vol. 4, No. 3. P. 457-467. <https://doi.org/10.1109/TIV.2019.2934567>
16. Li R., et al. YOLO-SGC: A Dangerous Driving Behavior Detection Method Based on Enhanced YOLOv8 // IEEE Transactions on Intelligent Transportation Systems. 2024. <https://doi.org/10.1109/TITS.2024.3456789>
17. Гай Л.Е., Шутов А.И., Воля П.А., Кущенко С.В. Заторовые явления. Возможности предупреждения // Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова. 2013. № 3. С. 166–169.
18. Wang G., et al. Traffic sign detection method based on improved YOLOv8 // Scientific Reports. 2025. Vol. 15. Article 3792. <https://doi.org/10.1038/s41598-025-03792-0>
19. Dou H., Chen S., Xu F., Liu Y., Zhao H. Analysis of vehicle and pedestrian detection effects of improved YOLOv8 model in drone-assisted urban traffic monitoring system // PLOS ONE. 2025. Vol. 20, No. 3. Article e0314817. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0314817>
20. Hassan O.F., et al. Real-time driver drowsiness detection using transformer architecture and transfer learning // Scientific Reports. 2025. Vol. 15. Article 2111. <https://doi.org/10.1038/s41598-025-02111-x>
21. Зырянов В.В., Кочерга В.Г., Поздняков М.Н. Современные подходы к разработке комплексных схем организации дорожного движения // Транспорт Российской Федерации. 2011. № 1. С. 28–33.
22. Wojke N., Bewley A., Paulus D. Simple online and realtime tracking with a deep association metric // IEEE International Conference on Image Processing (ICIP). 2017. P. 3645-3649. <https://doi.org/10.1109/ICIP.2017.8296962>
23. Печатнова Е.В., Кирюшин И.И., Наропный Н.Н. Факторы дорожно-транспортной аварийности в пригородной зоне // Вестник СибАДИ. 2024. Т. 21, № 5 (99).

REFERENCES

1. Eremin S.V., Kushchenko L.E., Kushchenko S.V., Novikov A.N. Improving Road Traffic Safety in Urban Agglomerations: Monograph. Belgorod: Belgorod State Technological University named after V. G. Shukhov, 2024. 158 pp. (In Russ.)
2. Road Safety Statistics for 2024: Progress continues amid persistent challenges. European Commission, 2025. URL: https://transport.ec.europa.eu/news-events/news/road-safety-statistics-2024-progress-continues-amid-persistent-challenges-2025-10-17_en (accessed: October 22, 2025).
3. Novikov A.N., Kushchenko L.E., Kushchenko S.V., Novikov I.A. Analysis of existing methods for assessing the probability of road traffic accidents on sections of the urban street-road network. *Bulletin of Civil Engineers*. 2021; no. 2 (85): 222–231. (In Russ.)

4. Novikov I.A., Kravchenko A.A., Shevtsova A.G., Vasilieva V.V. Scientific and methodological approach to reducing road accidents in the Russian Federation. *World of Transport and Technological Machines*. 2019; no. 3 (66): 58–64. (In Russ.) <https://doi.org/10.33979/2073-7432-2019-66-3-58-64>
5. Kushchenko L.E., Kushchenko S.V., Kravchenko A.A., Shatova J.S. Improving traffic safety and accident prediction at pedestrian crossings. IOP Conference Series: Materials Science and Engineering, 2020. vol. 913:042060. <https://doi.org/10.1088/1757-899X/913/4/042060>.
6. Kushchenko L., Kushchenko S., Novikov A., Koroleva L. The statistical assessment of the traffic situation based on sample data of traffic accidents in the urban agglomeration. *Journal of Applied Engineering Science*. 2023; vol. 21, no. 4. <https://doi.org/10.5937/jaes0-42852>
7. Zyryanov V.V., Kocherga V.G., Pozdnyakov M.N. Modern approaches to developing comprehensive traffic management schemes. *Transport of the Russian Federation*. 2011; no. 1: 28–33. (In Russ.)
8. Petrov A.I., Evtyukov S.A., Kolesov V.I. New approaches to road traffic safety management: the paradigm of organized safety assurance processes. *World of Transport and Technological Machines*. 2019; no. 3 (66): 65–74. (In Russ.) <https://doi.org/10.33979/2073-7432-2019-66-3-58-64>
9. Debbarma T., et al. Prediction of Dangerous Driving Behaviour Based on Computer Vision and Machine Learning. *Procedia Computer Science*. 2024; vol. 235: 783–792. <https://doi.org/10.1016/j.procs.2024.04.178>
10. Zhou T., Zhang X., Chen H. A. Dangerous Driving Behavior Detection Method Based on Improved YOLOv8s. *Engineering Letters*. 2025; vol. 33(3): 721–731.
11. Luo Z., Bi Y., Yang, X., Li Y., Yu S., Wu M., Ye Q. Enhanced YOLOv5s + DeepSORT method for highway vehicle speed detection and multi-sensor verification. *Frontiers in Physics*. 2024; vol. 12, Article 1371320. <https://doi.org/10.3389/fphy.2024.1371320>
12. Ong C.S. et al. Traffic Violation Detection Using Computer Vision Techniques. *Journal of Imaging*. 2024; vol. 8(3): 1264–1278. <https://doi.org/10.62527/joiv.8.3-2.2941>
13. Pramanik A. et al. A real-time video surveillance system for traffic pre-events detection. *Accident Analysis & Prevention*. 2021; vol. 154, Article 106068. <https://doi.org/10.1016/j.aap.2021.106068>
14. Han L., et al. Transformer-based modeling of abnormal driving events for freeway crash risk evaluation. *Transportation Research Part C: Emerging Technologies*. 2024; vol. 156, Article 104481. <https://doi.org/10.1016/j.trc.2024.104481>
15. Wei Z., et al. Vision-Based Lane-Changing Behavior Detection Using Deep Learning. *IEEE Transactions on Intelligent Vehicles*. 2019; vol. 4(3): 457–467. <https://doi.org/10.1109/TIV.2019.2934567>
16. Li R. et al. YOLO-SGC: A Dangerous Driving Behavior Detection Method Based on Enhanced YOLOv8. *IEEE Transactions on Intelligent Transportation Systems*. 2024; <https://doi.org/10.1109/TITS.2024.3456789>
17. Gay L.E., Shutov A.I., Volya P.A., Kushchenko S.V. Congestion phenomena: opportunities for prevention. *Bulletin of BSTU named after V. G. Shukhov*. 2013; no. 3: 166–169. (In Russ.)
18. Wang G. et al. Traffic sign detection method based on improved YOLOv8. *Scientific Reports*. 2025; vol. 15, Article 3792. <https://doi.org/10.1038/s41598-025-03792-0>
19. Dou H., Chen S., Xu F., Liu Y., Zhao H. Analysis of vehicle and pedestrian detection effects of improved YOLOv8 model in drone-assisted urban traffic monitoring system. *PLOS ONE*. 2025; vol. 20(3). Article e0314817. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0314817>
20. Hassan O.F. et al. Real-time driver drowsiness detection using transformer architecture and transfer learning. *Scientific Reports*. 2025; vol. 15, Article 2111. <https://doi.org/10.1038/s41598-025-02111-x>
21. Zyryanov V.V., Kocherga V.G., Pozdnyakov M.N. Modern approaches to developing comprehensive traffic management schemes. *Transport of the Russian Federation*. 2011; no. 1: 28–33. (In Russ.)
22. Wojke N., Bewley A., Paulus D. Simple online and realtime tracking with a deep association metric. In: 2017 IEEE International Conference on Image Processing (ICIP). pp. 3645–3649. <https://doi.org/10.1109/ICIP.2017.8296962>
23. Pechatnova E.V., Kiryushin I.I., Nagorny N.N. Factors of road traffic accident rate in the suburban area; *Bulletin of the Siberian State Automobile and Highway University (SibADI)*. 2024; vol. 21, no. 5 (99). (In Russ.)

ЗАЯВЛЕННЫЙ ВКЛАД АВТОРОВ

Новиков А.Н. Вклад в общую работу заключается в постановке цели и задач исследования, анализе результатов разработанной системы на основе современных методов компьютерного зрения и глубокого обучения.

Куценко Л.Е. Вклад в общую работу заключается в поиске способа интеграции разработанной системы в существующую архитектуру ИТС, анализе результатов работы системы, подготовке текста статьи.

Улиценко С.В. Проведение обзора, перевод.

Улинец И.А. Разработка системы и анализ результатов.

COAUTHORS' CONTRIBUTION

Novikov A.N. Setting the research objectives, analyzing the results of the developed system based on modern methods of computer vision and deep learning.

Kushchenko L.E. Developing methods to integrate the system proposed into the existing architecture of intelligent transport systems, analyzing the results of the system, and writing the manuscript.

Kushchenko S.V. Conducting the literature review, writing the manuscript.

Ulinets I.A. Developing the system and analyzing the data obtained.

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ

Новиков Александр Николаевич – д-р техн. наук, проф., заведующий кафедрой «Сервис и ремонт машин» Орловского государственного университета им. И.С. Тургенева (302002, г. Орел, ул. Московская, д. 77).

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-7086-6278>,

Scopus ID: 57225227480,

SPIN-код: 5917-3100,

Author ID: 143921,

Researcher ID: M-4302-2017,

e-mail: novikovan57@gmail.com

Кущенко Лилия Евгеньевна – д-р техн. наук, доц., проф. кафедры «Эксплуатация и организация движения автотранспорта» Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова (308012, г. Белгород, ул. Костюкова, д. 46).

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-3564-6026>,

Scopus ID: 57193997889,

SPIN-код: 8670-0131,

Author ID: 746460,

e-mail: lily-041288@mail.ru

Кущенко Сергей Викторович — канд. техн. наук, доц. кафедры «Эксплуатация и организация движения автотранспорта» Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова (308012, г. Белгород, ул. Костюкова, д. 46).

ORCID: <https://orcid.org/0009-0006-6181-5790>,

Scopus ID: 57193997343,

SPIN-код: 2824-3132,

Author ID: 970275,

e-mail: serega_ku@mail.ru

Улинец Иосиф Алексеевич – аспирант Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова (308012, г. Белгород, ул. Костюкова, д. 46).

SPIN-код: 5570-8680,

Author ID: 1272489,

e-mail: ulinetz.iosif@yandex.ru

INFORMATION ABOUT THE AUTHORS

Novikov Alexander N. – Doctor of Technical Sciences, Professor, Orel State University named after I.S. Turgenev, Head of the Department of Machine Service and Repair (77, Moskovskaya str., Orel, 302002).

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-7086-6278>,

Scopus ID: 57225227480,

SPIN-code: 5917-3100,

Author ID: 143921,

Researcher ID: M-4302-2017,

e-mail: novikovan57@gmail.com

Kushchenko Liliya E. – Doctor of Technical Sciences, Associate Professor, Belgorod State Technological University named after V.G. Shukhov, Professor of the Department of Vehicle Operation and Traffic Management (46 Kostyukova str., Belgorod, 308012).

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-3564-6026>,

Scopus ID: 57193997889,

SPIN-code: 8670-0131,

Author ID: 746460,

e-mail: lily-041288@mail.ru

Kushchenko Sergey V. – Candidate of Technical Sciences, Associate Professor, Belgorod State Technological University named after V.G. Shukhov, Russia, Associate Professor of the Department of Vehicle Operation and Traffic Management (46 Kostyukova str., Belgorod, 308012).

ORCID: <https://orcid.org/0009-0006-6181-5790>,

Scopus ID: 57193997343,

e-mail: serega_ku@mail.ru

Ulinets Iosif A. – Postgraduate Student, Belgorod State Technological University named after V.G. Shukhov (46 Kostyukova str., Belgorod, 308012).

e-mail: ulinetz.iosif@yandex.ru