

## ИНФОРМАТИКА, ВЫЧИСЛИТЕЛЬНАЯ ТЕХНИКА И УПРАВЛЕНИЕ

УДК 004.89

DOI 10.55421/3034-4689\_2026\_29\_2\_132

**Т. Р. Баторшин, Р. М. Габбазов, А. С. Катасёв,  
Р. Н. Минниханов, С. В. Новикова, Р. И. Фахразиев**

**ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНАЯ СИСТЕМА ОБНАРУЖЕНИЯ  
ДОРОЖНО-ТРАНСПОРТНЫХ ПРОИСШЕСТВИЙ НА ОСНОВЕ ТЕПЛОВЫХ КАРТ  
И НЕЙРОСЕТЕВОЙ ДЕТЕКЦИИ ОБЪЕКТОВ**

*Ключевые слова: дорожно-транспортное происшествие, YOLO, тепловая карта, компьютерное зрение, видеонаблюдение, аномалии движения, транспортный поток, нейронная сеть, детекция объектов.*

*В статье описывается система автоматического определения дорожно-транспортных происшествий на основе совместного использования тепловых карт и нейросетевой детекции объектов. Детекция объектов на дорожных сценах, как правило, реализуется с использованием моделей YOLO, SSD и Faster R-CNN. Тепловые карты широко применяются в видеонаблюдении для визуализации плотности и динамики движения объектов. Совместное использование тепловых карт и нейросетевой детекции объектов повышает информативность анализа дорожных сцен и увеличивает долю корректно выявленных инцидентов. Разрабатываемая система базируется на комбинации детекции объектов, анализа активности в кадре и выделения аномальных областей на тепловой карте. Архитектура системы включает следующие функциональные блоки: источник видеопотока, модуль детекции объектов, модуль построения тепловой карты движения, модуль анализа аномалий и модуль сохранения видео. Источниками видеопотока могут выступать как RTSP-камеры, так и локальные видеозаписи с возможностью параллельной обработки нескольких потоков. В модуле детекции объектов для анализа дорожной сцены используется сверточная нейросетевая модель YOLO11n, обеспечивающая высокую скорость работы при приемлемой точности детекции в режиме реального времени. При построении тепловой карты формируется двумерная матрица, каждая ячейка которой отражает интенсивность пребывания транспортных средств в соответствующей области кадра. В модуле анализа аномалий производится выделение зон аномалий на тепловой карте. При обнаружении признаков аварии на тепловой карте срабатывает модуль сохранения видео. При этом система инициирует запись видеофрагмента продолжительностью до 5 минут. Запись завершается по истечении заданного времени или при исчезновении аномалии. Система реализована на языке программирования Python с использованием библиотек компьютерного зрения и нейросетевого анализа. Эксперименты показали, что производительность системы зависит от режима обработки видеокладов: при использовании только CPU достигается скорость обработки порядка 2-5 кадров в секунду для одного видеопотока, а при использовании GPU обеспечивается обработка в режиме, близком к реальному. Реализованный в системе подход позволяет корректно выделять аварийные ситуации при наличии длительного скопления транспорта, нарушении естественной динамики движения и остановке транспорта в нетипичных зонах. Предложенный подход может быть использован в системах «Умный город», транспортных мониторинговых центрах, а также при автоматизации диспетчерского контроля.*

**T. R. Batorshin, R. M. Gabbazov, A. S. Katasev,  
R. N. Minnikhanov, S. V. Novikova, R. I. Fakhriziev**

**INTELLIGENT ROAD ACCIDENT DETECTION SYSTEM BASED  
ON HEAT MAPS AND NEURAL NETWORK OBJECT DETECTION**

*Keywords: road accident, YOLO, heat map, computer vision, video surveillance, traffic anomalies, traffic flow, neural network, object detection.*

*This article describes a system for automatically detecting road accidents using heat maps and neural network object detection. Object detection in road scenes is typically implemented using the YOLO, SSD, and Faster R-CNN models. Heat maps are widely used in video surveillance to visualize the density and dynamics of object movement. The combined use of heat maps and neural network object detection improves the information content of road scene analysis and increases the proportion of correctly identified incidents. The developed system is based on a combination of object detection, frame activity analysis, and heat map detection. The system architecture includes the following functional blocks: a video stream source, an object detection module, a motion heat map construction module, anomaly analysis module, and a video storage module. Video stream sources can include both RTSP cameras and local video recordings, with the ability to process multiple streams in parallel. The object detection module for road scene analysis utilizes the YOLO11n convolutional neural network model, ensuring high performance with acceptable detection accuracy in real time. A heat map is generated using a two-dimensional matrix, each cell of which reflects the intensity of vehicle activity in the corresponding area of the frame. The anomaly analysis module identifies anomaly zones on the heat map. When signs of an accident are detected on the heat map, the video storage module is triggered. The system initiates recording of a video fragment up to 5 minutes long. Recording ends after a specified time has elapsed or when the anomaly disappears. The system is implemented in Python using computer vision and neural network analysis libraries. Experiments have shown that system performance depends on the video frame processing mode: using only a CPU, processing speeds of approximately 2-5 frames per second for a single video stream are achieved, while using a*

*GPU ensures near-real-time processing. The system's approach enables the accurate identification of emergency situations involving prolonged traffic congestion, disruptions to natural traffic patterns, and vehicle stops in unusual areas. The proposed approach can be used in Smart City systems, transport monitoring centers, and automated dispatch control systems.*

## Введение

В настоящее время рост транспортной нагрузки в крупных городах и мегаполисах сопровождается увеличением количества дорожно-транспортных происшествий (ДТП). Это определяет перспективы дальнейшего совершенствования и практического использования системы [1, 2]. Традиционные системы видеонаблюдения за транспортной обстановкой на городских дорогах общего пользования в большей степени ориентированы на визуальный контроль человеком-оператором. Такой подход характеризуется высокой трудоемкостью, а также зависимостью от влияния человеческого фактора [3].

Применение нейросетевых моделей детекции объектов [4, 5], в частности архитектуры YOLO [6], обеспечивает обнаружение транспортных средств и иных участников дорожного движения в реальном времени. Вместе с тем одной детекции объектов часто бывает недостаточно для надежной идентификации ДТП [7]. Дополнительный информативный признак может быть сформирован на основе тепловых карт [8], описывающих пространственно-временную плотность движения [9]. Длительное сохранение высоких значений тепла при отсутствии перемещения в определенной области кадра может свидетельствовать о факте столкновения либо образовании затора в результате аварии.

Современные методы компьютерного зрения [10-12] являются ключевым инструментом анализа видеопотоков с дорожных камер. Широко распространение получили решения на основе библиотеки OpenCV [13], обеспечивающей предварительную обработку изображений, трекинг, сегментацию и вычисление оптического потока. Платформы NVIDIA DeepStream и TensorRT позволяют реализовывать высокопроизводительные конвейеры обработки видео и применения глубоких нейросетевых моделей на GPU, что критически важно для задач детекции и онлайн-мониторинга дорожных сцен.

Детекция объектов на дорожных сценах, как правило, реализуется с использованием моделей YOLO [14], SSD [15] и Faster R-CNN [15]. Модели семейства YOLO характеризуются высоким быстродействием и, следовательно, пригодны для использования в системах реального времени. Модель SSD обеспечивает компромисс между точностью и быстродействием и может использоваться в мобильных приложениях. Модель Faster R-CNN хорошо справляется с задачей детекции, но характеризуется относительно низким быстродействием.

Тепловые карты широко применяются в видеонаблюдении для визуализации плотности и динамики движения объектов [16]. Они формируются на основе траекторий и статистики появления объектов и позволяют выявлять зоны длительного скопления транспортных средств или пешеходов. Устойчивые высокоинтенсивные области на тепловой карте могут служить индикатором аномалий, таких как ДТП

или нетипичные задержки движения. При этом совместное использование тепловых карт и нейросетевой детекции объектов повышает информативность анализа дорожных сцен и увеличивает долю корректно выявленных инцидентов.

Следует отметить, что существующие решения сталкиваются с рядом ограничений: снижением качества работы в условиях сложного освещения и неблагоприятных погодных условий, недостаточной адаптивностью к изменяющейся дорожной обстановке а также высокой чувствительностью к ночным сценам, засветкам и осадкам. Дополнительным фактором является ограниченная производительность на маломощных вычислительных платформах, что приводит к задержкам при обнаружении происшествий и снижает оперативность реагирования. Следовательно, актуальна разработка интеллектуальных систем [17-19], повышающих эффективность решения задачи в указанных условиях.

В работе описывается разрабатываемая система автоматического определения ДТП на основе совместного использования тепловых карт и нейросетевой детекции объектов с применением модели YOLO. Система функционирует в режиме реального времени, формирует динамические тепловые карты движения транспортных средств и выполняет анализ их изменений для выделения аномалий, ассоциируемых с возможными ДТП. При обнаружении таких аномалий сохраняется видеофрагмент, содержащий момент инцидента, для последующего анализа.

## Архитектура разрабатываемой системы

Разрабатываемая система обнаружения ДТП базируется на комбинации детекции объектов, анализа активности в кадре и выделения аномальных областей на тепловой карте. Архитектура системы включает следующие функциональные блоки:

- источник видеопотока (поддерживается прием данных как от RTSP-камер, так и от локальных видеозаписей с возможностью параллельной обработки нескольких потоков);
- модуль детекции объектов (реализован с использованием модели YOLO для поиска и классификации транспортных средств);
- модуль построения тепловой карты движения (выполняет накопление в пространстве частоты появления объектов с учетом механизма затухания);
- модуль анализа аномалий (осуществляет поиск устойчивых во времени областей высокой плотности, интерпретируемых как потенциальные ДТП);
- модуль сохранения видео (обеспечивает автоматическую запись и хранение видеоматериалов при регистрации аномальной ситуации).

Рассмотрим особенности функционирования каждого из модулей системы.

В модуле детекции объектов для анализа дорожной сцены используется сверточная нейросетевая модель YOLO11n [20], обеспечивающая высокую

скорость работы при приемлемой точности детекции в режиме реального времени. В рамках задачи рассматриваются классы объектов, относящиеся к транспортным средствам: легковой автомобиль, автобус, грузовик. Детекция выполняется на каждом пятом кадре, позволяя снизить вычислительную нагрузку без существенного ухудшения качества анализа. Координаты ограничивающих рамок, полученные от модели, используются как входные данные для построения тепловой карты.

При построении тепловой карты движения в одноименном модуле формируется двумерная матрица, каждая ячейка которой отражает интенсивность пребывания транспортных средств в соответствующей области кадра. Формирование тепловой карты потока машин включает следующие этапы:

- 1) отображение координат обнаруженных объектов в соответствующие области тепловой матрицы;
- 2) применение коэффициента затухания к значениям матрицы для учета временной динамики;
- 3) нормализация значений и преобразование карты в цветное представление;
- 4) наложение полученного теплового слоя на исходный видеокادر для визуализации активности движения транспортных средств.

На рисунке 1 представлен реальный пример тепловой карты движения потока машин в дневное время суток на одном из оживленных перекрестков улично-дорожной сети города Казани.



Рис. 1 – Пример тепловой карты движения потока машин на перекрестке

Fig. 1 – An example of a heat map of traffic flow at an intersection

Яркие области на тепловой карте, представленной на рисунке, соответствуют зонам высокой концентрации транспортных средств или длительного их нахождения в соответствующей области.

В модуле анализа аномалий производится выделение зон аномалий на тепловой карте. Основная идея обнаружения ДТП заключается в идентификации областей тепловой карты, которые остаются яркими и практически неизменными в течение длительного временного интервала. Типичным признаком аварийной ситуации является устойчивое скопление транспорта без выраженного движения.

Предложенный алгоритм выделения аномальных зон на тепловой карте движения транспортных средств включает следующие шаги:

- 1) бинаризация тепловой карты с применением пороговых значений;

- 2) поиск контуров потенциальных областей – аномальных зон на тепловой карте;

- 3) фильтрация найденных областей по пороговому значению площади для исключения шумовых объектов на тепловой карте;

- 4) анализ временной устойчивости: область на тепловой карте будет считаться аномальной, если она сохраняется на протяжении нескольких сотен последовательно обработанных кадров (пороговое значение минимального количества кадров подбирается экспериментально).

На рисунке 2 представлен пример тепловой карты с обнаруженными аномалиями.

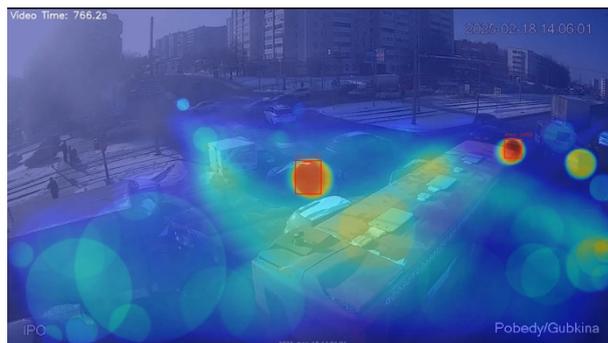


Рис. 2 – Аномальные зоны на тепловой карте

Fig. 2 – Anomalous zones on a heat map

Следует отметить, что регистрация каждой обнаруженной аномалии производится только при соблюдении условия длительного существования аномальной области на тепловой карте, позволяя снизить количество ложных срабатываний.

При обнаружении признаков аварии на тепловой карте срабатывает модуль сохранения видео. При этом система инициирует запись видеофрагмента продолжительностью до 5 минут. Запись завершается по истечении заданного временного интервала либо при исчезновении аномальной области.

На рисунке 3 представлен пример сохранения видеозаписей аномальных ситуаций.

Имя	Дата изменения	Тип	Размер
anomaly_20251017_053912	17.10.2025 5:40	MP4	15 294 КБ
anomaly_20251017_053712	17.10.2025 5:39	MP4	25 150 КБ
anomaly_20251017_053511	17.10.2025 5:37	MP4	27 494 КБ
anomaly_20251017_053311	17.10.2025 5:35	MP4	24 527 КБ
anomaly_20251017_053110	17.10.2025 5:33	MP4	25 545 КБ
anomaly_20251017_052909	17.10.2025 5:31	MP4	26 347 КБ
anomaly_20251017_052709	17.10.2025 5:29	MP4	25 299 КБ
anomaly_20251017_050601	17.10.2025 5:06	MP4	2 807 КБ

Рис. 3 – Пример сохранения видеозаписей аномальных ситуаций на тепловой карте

Fig. 3 – An example of saving video recordings of abnormal situations on a heat map

Каждый из полученных видеороликов сохраняется в каталоге и содержит визуальную маркировку соответствующих областей, облегчая последующий его анализ оператором.

## Реализация и первичные результаты тестирования системы

Интеллектуальная система реализована на языке программирования Python [21] с использованием открытых библиотек компьютерного зрения [22] и нейросетевого анализа [23, 24].

При обработке видеопотока для каждой камеры создается отдельный объект, поддерживающий механизм контроля соединения. При достижении порога неудачных чтений поток считается недоступным и отключается. Анализ выполняется для каждого пятого кадра, что снижает общую вычислительную нагрузку на систему.

Детекция транспортных средств выполняется моделью YOLO с фильтрацией по соответствующим классам. Для каждого обнаруженного объекта формируются координаты ограничивающей рамки, которые используются как для визуализации, так и для обновления тепловой карты.

При регистрации аномальной области система запускает модуль записи видео в формате .mp4, добавляет на кадры ограничивающие рамки и текстовую маркировку. Запись продолжается до исчезновения признаков аномалии либо до достижения лимита по длительности (300 секунд), после чего файл закрывается и сохраняется.

Проведенные первичные экспериментальные исследования показали, что производительность системы зависит от режима обработки видеок кадров. Получены следующие основные зависимости:

- при использовании только CPU достигается скорость обработки порядка 2-5 кадров в секунду для одного видеопотока;

- при использовании GPU обеспечивается обработка в режиме, близком к реальному, при нескольких параллельных потоках (до 30 кадров в секунду).

Основные результаты тестирования системы:

- снижение числа ложных срабатываний за счет учета временной устойчивости аномалий;

- обеспечение работы в режиме реального времени при использовании GPU, а также функционирование на CPU с низкой производительностью;

- визуальное подтверждение обнаруженных инцидентов посредством наложения тепловой карты и выделения аномальных зон;

- автоматическое сохранение видеофрагментов с момента возникновения аномалии;

- поддержка параллельной обработки нескольких видеопотоков, расширяя область применения системы в городских транспортных сетях.

Таким образом, реализованный в системе подход позволяет корректно выделять аварийные ситуации при наличии длительного скопления транспорта, нарушении естественной динамики движения и остановке транспорта в нетипичных зонах.

*Работа выполнена в рамках государственного задания Министерства науки и высшего образования FZSU-2026-0007, рег. номер НИОКТР 126020516513-4.*

*The study was conducted under the state assignment of the Ministry of Science and Higher Education FZSU-2026-0007 (R&D registration No. 126020516513-4).*

## Заключение

В ходе выполнения исследования реализована интеллектуальная система автоматического обнаружения дорожно-транспортных происшествий на основе анализа видеопотоков с дорожных камер, нейросетевой детекции объектов и тепловых карт пространственно-временной активности транспортных средств. Первичные экспериментальные исследования, проведенные на базе разработанной системы, показали ее эффективность и возможность практического использования для решения поставленных задач. Разработанная система может быть интегрирована с такими системами, как «Умный город» [25, 26], успешно использоваться в системах мониторинга и управления дорожным движением в крупных городах и городских агломерациях [27], в автоматизированных системах диспетчерского контроля [28] и др. Это определяет перспективы дальнейшего совершенствования и практического использования системы.

## Литература

1. Б.Б. Бобович, *Вестник транспорта*, 8, 22-26 (2021).
2. Р.Н. Минниханов, А.З. Махмутова, А.И. Сабиров, *Современная наука*, 3, 92-96 (2021).
3. М.Р. Ивашевский, *Мир транспорта*, 17, 5 (84), 298-314 (2019).
4. Р.Н. Минниханов, А.С. Катасёв, Д.В. Катасёва, В. Скибин, *Вестник Технологического университета*, 27, 11, 199-205 (2024).
5. А.С. Катасёв, Д.В. Катасёва, Ю.Н. Смирнов, Л.Н. Кунафина, *Вестник Технологического университета*, 27, 10, 101-105 (2024).
6. А.В. Сацюк, Н.В. Володарец, *Информационно-управляющие системы*, 4 (137), 36-44 (2025).
7. В.М. Тютюнник, М.А. Удаиб, *Промышленные АСУ и контроллеры*, 12, 47-56 (2024).
8. А.В. Зубков, Я.Е. Каменнов, Ю.А. Орлова, В.Л. Розалиев, *Инновационные, информационные и коммуникационные технологии*, 1, 191-193 (2019).
9. Е.П. Меснянкин, Н.И. Павлов, С.Л. Потапов, Н.И. Потапова, *Оптический журнал*, 90, 2, 46-58 (2023).
10. Т.Ю. Гайнутдинова, С.В. Новикова, В.Г. Гайнутдинов, Н.В. Левшонков, *Известия высших учебных заведений. Авиационная техника*, 4, 54-61 (2023).
11. Р.Н. Минниханов, Т.Р. Баторшин, Р.М. Габбазов, Р.И. Фахразиев, А.С. Катасёв, *Вестник Воронежского государственного университета. Серия: Системный анализ и информационные технологии*, 3, 110-122 (2025).
12. I.V. Arinichev, S.V. Polyanskikh, G.V. Volkova, I.V. Arinicheva, *International Journal of Fuzzy Logic and Intelligent Systems*, 21, 1, 1-11 (2021).
13. S. Dhamodaran, P.P. Phukan, M. Singh, Sh. Nandakumar, *International Journal of Research Publication and Reviews*, 5, 5, 8608-8621 (2024).
14. N.G. Rani, N.H. Priya, A. Ahilan, N. Muthukumar, *Signal, Image and Video Processing*, 18, 10, 7419-7429 (2024).
15. K.M. Krishna, A. Sowmya, D. Jerusha, D. Susmitha, *International Journal of Computer Science and Mobile Computing*, 10, 7, 28-33 (2021).
16. Р.М. Воробьев, *International Journal of Open Information Technologies*, 7, 7, 60-67 (2019).

17. Р.И. Юсупова, Р.С. Зарипова, М.Г. Нуриев, *Казанская наука*, 2, 201-203 (2025).
18. Д.В. Катасёва, А.И. Баринов, *Вестник Технологического университета*, 25, 1, 69-72 (2022).
19. К.А. Матвеева, Р.Н. Минниханов, А.С. Катасёв, *Вестник Технологического университета*, 27, 1, 76-80 (2024).
20. T. Li, *Applied and Computational Engineering*, 121, 1, 66-71 (2025).
21. C.W. Okonkwo, A. Ade-Ibijola, *Engineering Letters*, 29, 1, 25-34 (2021).
22. Г. Шахин, *Colloquium-Journal*, 24-2 (48), 137-139 (2019).
23. Д.В. Катасёва, Д.Д. Лосева, *Вестник Технологического университета*, 25, 1, 77-80 (2022).
24. С.В. Новикова, П.А. Чернышевский, *Вестник Тверского государственного университета. Серия: Прикладная математика*, 2, 74-83 (2022).
25. Г. Ржевский, С.С. Кожевников, М. Свитек, *Онтология проектирования*, 10, 1 (35), 7-21 (2020).
26. О.Н. Колбина, Т.В. Сафонова, А.В. Мокряк, С.Ю. Степанов, Д.О. Лескова, *Информационные технологии и системы: управление, экономика, транспорт, право*, 3 (51), 98-105 (2024).
27. Д.Л. Проказин, *Безопасность дорожного движения*, 2, 6-10 (2025).
28. Д.А. Чувиков, Е.В. Теплов, Д.В. Сараев, О.О. Варламов, П. Джха, *Радиопромышленность*, 4, 85-95 (2016).
9. Е.Р. Mesnyankin, N.I. Pavlov, S.L. Potapov, N.I. Potapova, *Optical Journal*, 90, 2, 46-58 (2023).
10. T.Yu. Gainutdinova, S.V. Novikova, V.G. Gainutdinov, N.V. Levshonkov, *News of higher educational institutions. Aviation technology*, 4, 54-61 (2023).
11. R.N. Minnikhanov, T.R. Batorshin, R.M. Gabbazov, R.I. Fakhraziev, A.S. Katasev, *Bulletin of Voronezh State University. Series: Systems Analysis and Information Technology*, 3, 110-122 (2025).
12. I.V. Arinichev, S.V. Polyanskikh, G.V. Volkova, I.V. Arinicheva, *International Journal of Fuzzy Logic and Intelligent Systems*, 21, 1, 1-11 (2021).
13. S. Dhamodaran, P.P. Phukan, M. Singh, Sh. Nandakumar, *International Journal of Research Publication and Reviews*, 5, 5, 8608-8621 (2024).
14. N.G. Rani, N.H. Priya, A. Ahilan, N. Muthukumar, *Signal, Image and Video Processing*, 18, 10, 7419-7429 (2024).
15. K.M. Krishna, A. Sowmya, D. Jerusha, D. Susmitha, *International Journal of Computer Science and Mobile Computing*, 10, 7, 28-33 (2021).
16. R.M. Vorobyov, *International Journal of Open Information Technologies*, 7, 7, 60-67 (2019).
17. R.I. Yusupova, R.S. Zariyova, M.G. Nuriev, *Kazan Science*, 2, 201-203 (2025).
18. D.V. Kataseva, A.I. Barinov, *Herald of Technological University*, 25, 1, 69-72 (2022).
19. K.A. Matveeva, R.N. Minnikhanov, A.S. Katasev, *Herald of Technological University*, 27, 1, 76-80 (2024).
20. T. Li, *Applied and Computational Engineering*, 121, 1, 66-71 (2025).
21. C.W. Okonkwo, A. Ade-Ibijola, *Engineering Letters*, 29, 1, 25-34 (2021).
22. G. Shahin, *Colloquium-Journal*, 24-2 (48), 137-139 (2019).
23. D.V. Kataseva, D.D. Loseva, *Herald of Technological University*, 25, 1, 77-80 (2022).
24. S.V. Novikova, P.A. Chernyshevsky, *Bulletin of Tver State University. Series: Applied Mathematics*, 2, 74-83 (2022).
25. G. Rzhnevsky, S.S. Kozhevnikov, M. Svitek, *Design ontology*, 10, 1 (35), 7-21 (2020).
26. O.N. Kolbina, T.V. Safonova, A.V. Mokryak, S.Yu. Stepanov, D.O. Leskova, *Information technologies and systems: management, economics, transport, law*, 3 (51), 98-105 (2024).
27. D.L. Prokazin, *Road Safety*, 2, 6-10 (2025).
28. D.A. Chuvikov, E.V. Teplov, D.V. Saraev, O.O. Varlamov, P. Jha, *Radio Industry*, 4, 85-95 (2016).

## References

1. B.V. Bobovich, *Transport Bulletin*, 8, 22-26 (2021).
2. R.N. Minnikhanov, A.Z. Makhmutova, A.I. Sabirov, *Modern science*, 3, 92-96 (2021).
3. M.R. Ivashevsky, *World of Transport*, 17, 5 (84), 298-314 (2019).
4. R.N. Minnikhanov, A.S. Katasev, D.V. Kataseva, V. Skibin, *Herald of Technological University*, 27, 11, 199-205 (2024).
5. A.S. Katasev, D.V. Kataseva, Yu.N. Smirnov, L.N. Kunafina, *Herald of Technological University*, 27, 10, 101-105 (2024).
6. A.V. Satsyuk, N.V. Volodarets, *Information and Management Systems*, 4 (137), 36-44 (2025).
7. V.M. Tyutyunnik, M.A. Udaib, *Industrial automated control systems and controllers*, 12, 47-56 (2024).
8. A.V. Zubkov, Ya.E. Kamennov, Yu.A. Orlova, V.L. Rozaliyev, *Innovative, information and communication technologies*, 1, 191-193 (2019).

© **Т. Р. Баторшин** – магистрант кафедры Автоматизации технологических процессов и производств, Казанский государственный энергетический университет, Казань, Россия, timur.batorshin.02@gmail.com; **Р. М. Габбазов** – аспирант кафедры Автоматизированных систем обработки информации и управления, Казанский национальный исследовательский технический университет им. А.Н. Туполева (КНИТУ им. А.Н. Туполева), Казань, Россия, GabbazovRM@stud.kai.ru; **А. С. Катасёв** – д-р техн. наук, профессор кафедры Систем информационной безопасности (СИБ), КНИТУ им. А.Н. Туполева, ASKatasev@kai.ru; **Р. Н. Минниханов** – д-р техн. наук, профессор, Президент Академии наук Республики Татарстан; директор ГБУ «Безопасность дорожного движения», PriemnaYa.Minnihanov@tatar.ru; **С. В. Новикова** – д-р техн. наук, профессор кафедры Прикладной математики и информатики, КНИТУ им. А.Н. Туполева, SVNovikova@kai.ru; **Р. И. Фахразиев** – магистрант кафедры СИБ, КНИТУ им. А.Н. Туполева, FakhrazievRI@stud.kai.ru.

© **Т. Р. Баторшин** – Master Student of Automation of Technological Processes and Production Department, Kazan State Power Engineering University, Kazan, Russia, timur.batorshin.02@gmail.com; **Р. М. Габбазов** – PhD-Student of the Automated Information Processing and Control Systems Department, Kazan National Research Technical University KNRTU named after A.N. Tupolev (KNRTU named after A.N. Tupolev), GabbazovRM@stud.kai.ru; **А. С. Катасёв** – Doctor of Sciences (Technical Sci.), Professor of Information Security Systems (ISS) Department, KNRTU named after A.N. Tupolev, ASKatasev@kai.ru; **Р. Н. Минниханов** – Doctor of Sciences (Technical Sci.), Professor, President of Tatarstan Academy of Sciences; Director of the SBI "Road Safety", PriemnaYa.Minnihanov@tatar.ru; **С. В. Новикова** – Doctor of Sciences (Technical Sci.), Professor of Applied Mathematics and Informatics, KNRTU named after A.N. Tupolev, SVNovikova@kai.ru; **Р. И. Фахразиев** – Master-Student of the ISS department, KNRTU named after A.N. Tupolev, FakhrazievRI@stud.kai.ru.

Дата поступления рукописи в редакцию – 10.02.26

Дата принятия рукописи в печать – 19.02.26