

## Список использованных источников

1. Смирнов Г.И. Кибербезопасность робототехнических систем: угрозы и методы защиты / Г.И. Смирнов, А.В. Козлов // Известия ЮФУ. Технические науки. – 2022. – № 5(234). – С. 78–92.
2. Чеботарев П.В. Обнаружение аномалий в работе автономных мобильных роботов на основе машинного обучения / П.В. Чеботарев, Е.Л. Федорова // Инженерный журнал: наука и инновации. – 2023. – № 3. – С. 45–58.
3. Гупта А. A Survey of Robotics Cybersecurity / A. Gupta, J. P. Quirk, J. R. S. Silva // ACM Computing Surveys. – 2024. – Vol. 56, Issue 5. – P. 1–38.
4. Quigley M. ROS: an open-source Robot Operating System / M. Quigley, K. Conley, B. Gerkey et al. // ICRA Workshop on Open Source Software. – 2009.
5. Большаков А.А. Цифровые двойники для тестирования и верификации систем автономного управления / А.А. Большаков // Программные продукты и системы. – 2021. – Т. 34, № 4. – С. 654–662.

## ИСКУССТВЕННЫЙ ИНТЕЛЛЕКТ В УСТОЙЧИВЫХ ТРАНСПОРТНЫХ СИСТЕМАХ ПРИ ОБЕСПЕЧЕНИИ БЕЗОПАСНОСТИ ПЕРЕВОЗОК ПАССАЖИРОВ МАРШРУТНЫМ ПАССАЖИРСКИМ ТРАНСПОРТОМ

Семченков С.С., Скиркоцкий С.В.

*Белорусский национальный технический университет, г. Минск, Республика Беларусь*

**Аннотация.** Рассматривается роль искусственного интеллекта в повышении безопасности дорожного движения маршрутных транспортных средств в контексте развития устойчивых транспортных систем. Актуальность исследования продиктована необходимостью снижения аварийности и обеспечения безопасности пассажирских перевозок.

**Ключевые слова:** Искусственный интеллект; Безопасность дорожного движения; Маршрутный пассажирский транспорт; Устойчивые транспортные системы; Безопасность перевозок.

Проектирование и эксплуатация устойчивых транспортных систем, ориентированных на минимизацию экологического воздействия и повышение безопасности перевозок, является приоритетной задачей в современном обществе. Ключевая роль в городах и мегаполисах в сложившихся условиях урбанизации отводится маршрутному пассажирскому транспорту. Однако массовые перевозки пассажиров сопряжены с возникновением угрозы безопасности дорожного движения [1].

Революционное влияние на сферу безопасности оказывают технологии искусственного интеллекта (ИИ), обладающие способностью обрабатывать массивы больших данных и распознавать образы, включая объекты инфраструктуры и уязвимых участников дорожного движения. Применение нейросетевых алгоритмов позволяет не только анализировать текущую

дорожную обстановку, но и прогнозировать ее изменения в режиме реального времени, что обеспечивает динамическое управление активной безопасностью транспортных средств маршрутного пассажирского транспорта в сложной среде городского дорожного движения. Интеграция ИИ в бортовые системы рассматривается как фундаментальное условие для адаптации технологий к меняющимся дорожным условиям и повышения эффективности систем предотвращения столкновений.

Анализ структуры потерь линейного времени маршрутного пассажирского транспорта на примере трамвайной сети г. Минска за 2024 год. Данные показывают, что доминирующую долю в структуре потерь (62%) составляют задержки, связанные с дорожно-транспортными происшествиями (ДТП). При этом 34% потерь обусловлены ДТП посторонних транспортных средств на путях, и 28% — ДТП с непосредственным участием трамвая. Для сравнения, потери из-за технической неисправности подвижного состава составляют 7%, а из-за проблем энергоснабжения — 6%. Абсолютные показатели свидетельствуют, что при годовом пробеге 5,32 млн км и выполнении более 476 тысяч рейсов произошло 119 ДТП с участием трамваев. Из этого числа подавляющее большинство (112 случаев) составили инциденты с материальным ущербом, и 7 случаев — с пострадавшими. Важно отметить, что вина водителей трамвая зафиксирована лишь в незначительной части инцидентов (7 случаев с материальным ущербом и 4 с пострадавшими), что подтверждает тезис об относительно высокой безопасности трамвая как вида транспорта по сравнению с альтернативами [2].

Тем не менее, анализ аварийности вскрывает системные проблемы взаимодействия участников движения. К основным вызовам относятся: недостаточное понимание водителями других транспортных средств специфики движения трамвая, неадекватная реакция участников движения на рельсовый транспорт, а также превалирование человеческого фактора, проявляющегося в склонности к рискованному поведению и невнимательности. Особую тревогу вызывает потенциально высокая тяжесть травм пешеходов при возникновении трамвайно-пешеходных инцидентов [3].

Профессиональная деятельность водителей маршрутного транспорта характеризуется высоким риском, обусловленным сочетанием монотонности, жесткого регламента расписания и высокой психоэмоциональной нагрузки. Совокупность этих факторов с усталостью и организационными аспектами работы закономерно приводит к повышению вероятности аварийных ситуаций. В ходе исследования установлена статистически значимая положительная корреляция между продолжительностью управления транспортным средством и вероятностью попадания в ДТП. Данную зависимость необходимо интерпретировать в двух аспектах:

– во-первых, в рамках ежедневной смены накопление усталости линейно снижает концентрацию внимания и ухудшает психомоторные реакции водителя;

– во-вторых, существует вероятностный аспект, не зависящий от физического состояния: увеличение времени нахождения в плотном дорожном движении пропорционально увеличивает количество взаимодействий с другими участниками движения. Следовательно, вероятность возникновения аварийной ситуации возрастает математически, исходя из количества взаимодействия [4; 5].

Примечательно, что вторая зависимость инвариантна относительно возраста, пола и стажа водителя, что позволяет выделить «фактор времени» как ключевую переменную в уравнении безопасности устойчивых транспортных систем.

Использование искусственного интеллекта в системах управления позволяет реализовать комплексное противодействие трем основным классам опасностей:

Класс 1 «Психофизиологическое состояние». К данному классу относятся усталость, микросон и внезапное ухудшение самочувствия. Нейросетевые алгоритмы обеспечивают непрерывный мониторинг состояния водителя, реализуя двухуровневую защиту: раннее предупреждение и, при критической необходимости, автоматическое вмешательство в управление (торможение, удержание полосы).

Класс 2 «Поведенческие факторы и отвлечение». Данный класс охватывает риски, связанные с осознанным нарушением рабочей инструкции водителя: использование мобильного телефона, курение, отвлечение от дороги. Системы компьютерного зрения анализируют поведение водителя в реальном времени, выявляя факты отвлечения и агрессивного вождения. Превентивные меры варьируются от звуковых предупреждений до принудительного снижения скорости транспортного средства.

Класс 3 «Оценка дорожно-транспортной обстановки». Снижение рисков, связанных с ошибками в прогнозировании ситуации, достигается за счет интеграции компьютерного зрения, радаров и лидаров. Система перманентного мониторинга распознает пешеходов, транспортные средства, сигналы светофоров (включая их считывание) и дорожную разметку. Ключевой функцией является предсказание траекторий движения объектов и заблаговременная оценка риска столкновения, что позволяет системе инициировать торможение быстрее, чем это сделает человек.

Техническая реализация защиты от опасностей 1-го и 2-го классов базируется на анализе видеопотока лица водителя или использовании носимых биометрических устройств (контроль частоты сердечных сокращений, активности). Для нейтрализации опасностей 3-го класса критически важен анализ динамических характеристик движения самого транспортного средства и его пространственного положения относительно объектов инфраструктуры в режиме реального времени.

Практический опыт г. Минска демонстрирует поэтапную эволюцию бортовых систем безопасности: от пассивного наблюдения к активному управлению.

На первом этапе осуществлялась тестовая эксплуатация системы «Антисон», базирующейся на компьютерном зрении. Несмотря на способность выявлять признаки усталости и оповещать диспетчерский центр, система не получила широкого распространения. Основными причинами стали отсутствие интеграции с механизмами управления транспортным средством (невозможность активного вмешательства) и эргономические недостатки, в частности жалобы водителей на дискомфорт от инфракрасной подсветки.

Следующим этапом стало внедрение системы «Мовон» на 44 электробусах модели АКСМ-Е433 (2025 г.в.). Данное решение обеспечило комплексный мониторинг, позволяя фиксировать широкий спектр нарушений: от физиологических (сонливость, зевание) до поведенческих (разговоры по телефону, курение, попытки блокирования камеры).

Вершиной текущего технологического развития стала интеграция системы мониторинга «Мовон» и системы помощи водителю «Cognitive Pilot», реализованная на 20 трамвайных вагонах модели АКСМ-Т811 (2024 г.в.). «Cognitive Pilot» представляет собой решение промышленного уровня, использующее алгоритмы ИИ для автоматизации управления. Функционал системы выходит за рамки мониторинга и включает:

1. Контроль скоростного режима (предотвращение превышения скорости на основе данных цифрового двойника трамвайных линий).
2. Распознавание сигналов светофора (при детектировании запрещающего сигнала система автоматически инициирует снижение скорости вплоть до полной остановки).
3. Предотвращение коллизий (обнаружение препятствий и автоматическое торможение для минимизации риска столкновений).

На момент подготовки материала система «Cognitive Pilot» внедряется в промышленную эксплуатацию, что подтверждает её практическую значимость для повышения безопасности.

Интеграция искусственного интеллекта в бортовые системы маршрутного пассажирского транспорта является фундаментальным элементом стратегии развития устойчивых транспортных систем. Переход от систем пассивного мониторинга к активным ассистентам, способным вмешиваться в управление транспортным средством, позволяет нивелировать влияние человеческого фактора и реализовать проактивный подход к обеспечению безопасности. Анализ больших данных, генерируемых такими системами, открывает возможности для построения высокоточных прогностических моделей поведения участников движения, что является необходимым условием для дальнейшего снижения аварийности в условиях урбанизированной среды в устойчивых транспортных системах.

### **Список использованных источников**

1. Kapski, Denis & Semchenkov, Sergey & Korolchuk, Maxim & Ikramov, Akmal. (2024). Improving the efficiency of route passenger transport systems by using recovered energy. E3S Web of Conferences. 592. 10.1051/e3sconf/202459207001.

2. Assessment measures developed to improve quality of route transport Polotsk and Novopolotsk / D. Kapski, S. Semchenkov, I. Gamulsky [et al.] // E3S Web of Conferences. – 2024. – Vol. 515. – P. 03003.
3. Kapski, D. Measures to Improve the Operation of Passenger Transport and Urban Mobility / D. Kapski, S. Semtchenkov, L. Khmel'nitskaya // *Komunikacie*. – 2023. – Vol. 25, No. 1. – P. A14-A25.
4. Semtchenkov, S. Application of the sectoral method to improve the efficiency of route passenger transport / S. Semtchenkov, D. Kapsky, A. Czerepicky // *WUT Journal of Transportation Engineering*. – 2022. – Vol. 134. – P. 17-33.
5. Kapski, Denis & Semchenkov, Sergey & Korolchuk, Maxim & Umidulla, Abdurazzokov. (2024). Identification of key route indicators to compare different modes of transport. *BIO Web of Conferences*. 145. 03017.

## РАЗРАБОТКА МОДУЛЯ ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ ПРЕДСТАВИТЕЛЯ ГРУППЫ ПО ОТБОРУ КАНДИДАТОВ С ЧАТ-БОТОМ ДЛЯ ОТБОРА В НАУЧНУЮ РОТУ

**Мухутдинов Б.Р., Тарасенко С.Е.**

*Военная академия связи имени Маршала Советского Союза С.М. Буденного,  
Санкт-Петербург*

***Аннотация.** В работе рассматривается разработка модуля представителей группы по отбору кандидатов (ГрОК), реализованного в виде Telegram-чат-бота. Модуль предназначен для автоматизации деятельности представителей ГрОК при проведении агитационных мероприятий, направленных на привлечение кандидатов в научную роту. Описаны функциональные возможности системы, включающие регистрацию представителей, ручное добавление кандидатов, заполнение отчётов о проделанной работе и просмотр статистики результатов деятельности. Внедрение модуля способствует повышению эффективности работы представителей ГрОК, сокращению времени обработки информации и повышению прозрачности процесса отбора кандидатов.*

***Ключевые слова:** чат-бот, Telegram, aiogram-dialog, PostgreSQL, автоматизация отбора, научная рота, ГрОК, агитационная работа, информационная система, отбор кандидатов.*

Группа по организации набора кандидатов (ГрОК) играет ключевую роль в процессе привлечения потенциальных участников в научную роту. Основными задачами представителей ГрОК являются проведение информационно-разъяснительных мероприятий, организация выездов в образовательные учреждения, проведение презентаций и встреч, распространение информационных материалов. Цель таких мероприятий – повышение информированности молодежи и стимулирование перспективных кандидатов к подаче заявки.

Для автоматизации деятельности представителей ГрОК в рамках проекта разработан специализированный модуль взаимодействия с Telegram-чат-ботом, созданным на базе фреймворка aiogram-dialog с использованием