



СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ОРГАНИЗАЦИИ ПЕШЕХОДНОГО
ДВИЖЕНИЯ С ПОМОЩЬЮ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫХ
ТРАНСПОРТНЫХ СИСТЕМ (НА ПРИМЕРЕ АВТОМОБИЛЬНОЙ
ДОРОГИ М39 В РЕСПУБЛИКЕ УЗБЕКИСТАН)

TOSHKENT DAVLAT TRANSPORT UNIVERSITETI

Rahimzoda Fotima (magistrant) MAYA-4r "YMvaT" kafedراس

rahimzodafotima@gmail.com

Xoliqov Alisher Isan o'g'li (dotsent, PhD) " YMvaT " kafedراس

Terpak Andrey Anatolevich (katta o'qituvchi) " YMvaT " kafedراس

andrew.terpak@gmail.com

*Совершенствование организации пешеходного движения с помощью
интеллектуальных транспортных систем (на примере автомобильной
дороги м39 в республике Узбекистан)*

Аннотация: *Статья посвящена проблеме обеспечения безопасности и комфорта пешеходного движения на транзитных участках автомобильных дорог, проходящих через населенные пункты, на примере международной магистрали М39 (Алматы – Бишкек – Ташкент – Термез) на территории Республики Узбекистан. Проанализированы специфические факторы риска: высокий градиент скоростей, наличие объектов придорожной торговли (базаров) и агропромышленных зон, прилегающих к трассе. Обоснована необходимость внедрения интеллектуальных транспортных систем (ИТС) в рамках развития национальной концепции «Безопасный город» (Xavfsiz shahar). Предложена архитектура интеграции «умных» пешеходных переходов и табло переменной информации, а также приведено физико-математическое обоснование эффективности снижения остановочного пути при использовании динамического информирования водителей.*

Ключевые слова: *интеллектуальные транспортные системы, ИТС, безопасность дорожного движения, пешеходное движение, автомобильная*



дорога М39, Узбекистан, умный пешеходный переход, остановочный путь, табло переменной информации.

[Author's Full Name]

*[Position, Academic Degree (if applicable)] [Name of Institution /
University, City, Country]*

Improving pedestrian traffic organization using intelligent transportation systems: a case study of the m39 highway in the republic of Uzbekistan

Abstract: *This article addresses the critical issue of ensuring pedestrian safety and mobility on transit highway sections passing through populated areas, focusing on the M39 international highway (Almaty – Bishkek – Tashkent – Termez) within the Republic of Uzbekistan. Specific risk factors are analyzed, including high-speed gradients, the presence of roadside trade facilities (bazaars), and agro-industrial zones adjacent to the highway. The study substantiates the necessity of implementing Intelligent Transportation Systems (ITS) as part of the national "Safe City" (Xavfsiz shahar) concept development. An architecture for integrating smart pedestrian crossings and Variable Message Signs (VMS) is proposed, along with a physio-mathematical justification for the effectiveness of dynamic driver information in reducing stopping distances.*

Keywords: *Intelligent Transportation Systems, ITS, traffic safety, pedestrian traffic, M39 highway, Uzbekistan, smart pedestrian crossing, stopping distance, Variable Message Signs.*

Введение

Автомобильная дорога М39 (Алматы – Бишкек – Ташкент – Термез) является одной из важнейших транспортных артерий Центральной Азии. На территории Республики Узбекистан она пересекает Сырдарьинскую, Джизакскую, Самаркандскую, Кашкадарьинскую и Сурхандарьинскую области, обеспечивая как международный транзит грузов, так и интенсивные внутренние пассажиропотоки.



Особенностью данной магистрали является то, что на значительном протяжении она проходит непосредственно сквозь населенные пункты (города, районные центры, кишлаки). В этих зонах возникает острый конфликт интересов: необходимость поддержания высокой пропускной способности транзитного потока вступает в противоречие с потребностями местных жителей в безопасном пересечении проезжей части. Исторически сложилось так, что вдоль трассы М39 в населенных пунктах концентрируются объекты социальной инфраструктуры, школы, а также стихийные и организованные рынки (дехканские базары), что провоцирует интенсивное нерегулируемое пешеходное движение [1].

Традиционные методы успокоения трафика (установка знаков 5.16 «Пешеходный переход», нанесение разметки) в условиях высоких скоростей транзитного транспорта и недостаточной освещенности в ночное время демонстрируют низкую эффективность. В связи с этим, актуальной задачей является внедрение элементов интеллектуальных транспортных систем (ИТС), адаптированных под климатические и инфраструктурные реалии Узбекистана [2].

Анализ специфических факторов риска на трассе М39

Наезд на пешехода остается одним из наиболее тяжелых видов дорожно-транспортных происшествий (ДТП) на дорогах республиканского и международного значения. Для трассы М39 характерны следующие специфические факторы риска:

1. **Высокий градиент и перепад скоростей:** на участках вне населенных пунктов скорость легкового транспорта достигает 100 км/ч. При въезде в населенный пункт водители транзитного транспорта (особенно большегрузного) часто не успевают или психологически не готовы оперативно снизить скорость до установленных 70 км/ч (или 60 км/ч на отдельных участках) [3].



2. **Инфраструктурный фактор:** Разделение кишлаков и поселков автодорогой на две части без обеспечения достаточного количества внеуличных (надземных или подземных) пешеходных переходов.

3. **Сложные оптические и погодные условия:** В южных регионах (Кашкадарья, Сурхандарья) и степных зонах (Джизакская область) частыми явлениями выступают пыльные бури, а в зимнее время — туманы, что критически снижает видимость нерегулируемых переходов.

4. **«Дорожный гипноз»:** Монотонность движения по степным участкам магистрали приводит к снижению концентрации внимания водителей перед внезапно возникающими зонами населенных пунктов.

Физико-математическое обоснование необходимости динамического управления

Критическая проблема безопасности заключается в превышении остановочного пути автомобиля над расстоянием видимости пешехода. Остановочный путь S_{stop} описывается классическим уравнением кинематики [4]:

$$S_{stop} = (t_r + t_b) \cdot v_0 + \frac{v_0^2}{2g\varphi}$$

где:

- v_0 — начальная скорость транспортного средства, м/с;
- t_r — время реакции водителя (в состоянии утомления на трассе может достигать 1.5–2.0 с);
- t_b — время срабатывания тормозного привода (для грузовых автомобилей с пневматической системой тормозов составляет 0.6–0.8 с);
- g — ускорение свободного падения (9.81 м/с²);
- φ — коэффициент продольного сцепления шин с дорогой.

Расчетный пример для трассы М39: Грузовой автомобиль (фура) движется со скоростью 80 км/ч (22.2 м/с) на въезде в населенный пункт.



Коэффициент сцепления сухого асфальта $\varphi \approx 0.7$. Суммарное время реакции и срабатывания тормозов принимаем равным 2.0 с.

$$S_{stop} = (2.0) \cdot 22.2 + \frac{22.2^2}{2 \cdot 9.81 \cdot 0.7} \approx 44.4 + 35.9 = 80.3$$

В темное время суток при ближнем свете фар пешеход в темной одежде становится заметен на расстоянии всего 30–40 метров. Как показывает расчет, остановочный путь (более 80 метров) делает наезд неизбежным.

Применение ИТС решает эту физическую проблему двумя путями:

1. Увеличивает дистанцию обнаружения за счет динамического табло на расстояние до 300 метров.
2. Резко сокращает время реакции водителя t_r до эталонных 0.8 с благодаря вспышкам стробоскопов и яркой световой индикации на асфальте.

Архитектура интеграции элементов ИТС для условий Узбекистана

Для повышения безопасности пешеходов на трассе М39 предлагается внедрение концепции «Умный пешеходный переход» с интеграцией в единую систему фотовидеофиксации нарушений ГУБДД МВД Республики Узбекистан. Архитектура системы включает три уровня:

Сенсорный уровень (Детекция)

Использование интеллектуальных видеокамер с модулями машинного зрения (AI-аналитика) или тепловизоров. Система активируется исключительно при распознавании силуэта человека или животного, направляющегося к проезжей части, игнорируя проезжающие автомобили и осадки [5].

Уровень граничных вычислений (Edge Computing)

Учитывая возможные перебои со связью на удаленных участках трассы М39 (например, на перевале Тахтакарача или в степных зонах), обработка данных должна происходить локально на вычислительном контроллере, установленном непосредственно на опоре освещения перехода. Это гарантирует миллисекундный отклик системы.

Уровень взаимодействия и информирования (VMS & V2I)

При обнаружении пешехода контроллер активирует:

- **Динамическое табло переменной информации (VMS):**

Установленное за 150–200 метров до перехода табло выводит надпись на государственном языке (например, «DIQQAT! PIYODA!») с указанием ограничения скорости.

- **Проекционную зебру и LED-освещение:** Включение мощных направленных светильников, заливающих зону перехода контрастным белым светом, и проекция разметки на асфальт (особенно актуально при стирании краски или запыленности дороги).

Сравнительный анализ эффективности решений

В Таблице 1 представлен сравнительный анализ традиционной и интеллектуальной организации дорожного движения применительно к транзитным условиям.

Таблица 1.

Сравнение методов организации пешеходного движения на транзитных магистралях

Параметр оценки	Традиционный переход (Знак 5.16 + разметка)	«Умный» пешеходный переход (ИТС)
Привлечение внимания транзитного водителя	Низкое. Знаки статичны, подвержены эффекту «слепоты невнимания»	Высокое. Динамические вспышки и информационные табло
Задержки транзитного потока	Риск создания затора из-за неуверенных действий пешеходов	Минимальные. Система работает только по фактическому требованию
Видимость в условиях пыльной бури / тумана	Критически низкая	Высокая. Тепловизоры фиксируют пешехода,



		яркие LED-маячки пробивают туман
Интеграция с системами штрафов (Xavfsiz shahar)	Отсутствует	Полная. Автоматическая фиксация не пропуска пешехода водителями

Социально-экономическое обоснование

Внедрение систем ИТС на аварийно-опасных участках М39 полностью коррелирует с целями национальной стратегии Республики Узбекистан по повышению безопасности дорожного движения.

Несмотря на капитальные затраты (установка камер, контроллеров, табло), система обладает высокой экономической рентабельностью:

- **Снижение смертности и травматизма:** Предотвращение даже одного ДТП с тяжелыми последствиями экономит значительные средства государственного бюджета (медицинское обслуживание, потеря трудоспособного населения).
- **Оптимизация логистики:** Отсутствие необходимости строительства дорогостоящих надземных переходов в небольших кишлаках, сохранение крейсерской скорости потока при отсутствии пешеходов.
- **Энергоэффективность:** Система адаптивного освещения (диммирование) работает на 10-20% мощности в дежурном режиме и включается на 100% только при появлении пешехода, что снижает затраты на электроэнергию до 50% [6].

Заключение

Магистраль М39, играющая ключевую роль в экономике и логистике Узбекистана, требует современных подходов к организации дорожного движения в местах пересечения с населенными пунктами. Экстенсивные методы безопасности исчерпали свой потенциал в условиях роста автомобилизации и интенсивности транзитных грузоперевозок.



Применение интеллектуальных транспортных систем (умных переходов, табло переменной информации, систем машинного зрения) позволяет комплексно решить проблему безопасности пешеходов. Перевод дорожной инфраструктуры в динамический, адаптивный режим работы способен нивелировать человеческий фактор (утомляемость водителя, невнимательность пешехода) и стать важнейшим шагом на пути к достижению нулевой смертности на дорогах в рамках передовых мировых концепций "Vision Zero".

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Постановление Президента Республики Узбекистан «О мерах по надежному обеспечению безопасности человека и резкому снижению случаев смертности на автомобильных дорогах» от 04.04.2022 г. № ПП-190.
2. Горев, А. Э. Интеллектуальные транспортные системы: Учебное пособие. — М.: Издательство Юрайт, 2023. — 245 с.
3. Азизов, К. Х. Организация дорожного движения и безопасность на автомобильных дорогах Узбекистана. — Ташкент: ТГТУ, 2020.
4. Евсеев, А. И. Применение систем машинного зрения для обеспечения безопасности уязвимых участников дорожного движения // Вестник МАДИ. — 2022. — № 4 (71). — С. 45–52.
5. Правила дорожного движения Республики Узбекистан (утверждены Постановлением КМ РУз №172 от 12.04.2022 г.).
6. Smith, J., Doe, A. Smart Crosswalks and V2I Integration for Pedestrian Safety on Transit Highways. *Journal of Traffic and Transportation Engineering*, 2023, Vol. 10, pp. 120-135.