

**ITS TECHNOLOGIES AND THE FORGIVING  
ROAD ENVIRONMENT**

**Богданович С. В.**<sup>1</sup>, канд. техн. наук, доц., **Чернюк А. Н.**<sup>2</sup>,

<sup>1</sup>Белорусский национальный технический университет,  
г. Минск, Республика Беларусь,

<sup>2</sup>РУП «Минскавтодор Центр», г. Минск, Республика Беларусь  
S. Bogdanovich<sup>1</sup>, Ph. D. in Eng., Ass. Prof., A. Cherniuk<sup>2</sup>,

<sup>1</sup>Belarusian National Technical University, Minsk, Belarus,

<sup>2</sup>Minskavtodor Centr RUE, Minsk, Belarus

*В статье рассматриваются инновационные подходы к повышению безопасности дорожной инфраструктуры, основанные на использовании интеллектуальных транспортных систем (ИТС) и концепции прощающей дорожной среды. Анализируются возможности ИТС-технологий, таких как системы адаптивного управления дорожным движением, информационные системы для водителей, системы мониторинга и контроля, а также технологии связи V2X. Раскрываются основные принципы прощающей дорожной среды, направленные на минимизацию последствий ошибок водителей и снижение тяжести ДТП. Отмечается синергетический эффект от комплексного применения ИТС и прощающей дорожной среды, а также рассматриваются вызовы и перспективы развития этих подходов.*

*The article explores innovative approaches to improving road infrastructure safety based on the use of intelligent transportation systems (ITS) and the concept of a forgiving road environment. It analyzes the capabilities of ITS technologies, such as adaptive traffic management systems, driver information systems, monitoring and control systems, and V2X communication technologies. The main principles of a forgiving road environment, aimed at minimizing the consequences of driver errors and reducing the severity of accidents, are revealed. The synergistic effect of the integrated application of ITS and a forgiving road environment is noted, and the challenges and prospects for the development of these approaches are considered.*

**Ключевые слова:** интеллектуальные транспортные системы, прощающая дорожная среда, безопасность дорожного движения, дорожная инфраструктура, V2X, мониторинг дорожного движения, управление дорожным движением.

**Keywords:** Intelligent Transportation Systems, forgiving road environment, road safety, road infrastructure, V2X, traffic monitoring, traffic management.

## ВВЕДЕНИЕ

Безопасность дорожного движения остается одной из наиболее актуальных проблем современного общества. Ежегодно на дорогах мира погибают и получают травмы миллионы человек, что приводит к огромным социальным и экономическим потерям. Традиционные подходы к обеспечению безопасности, такие как совершенствование правил дорожного движения и повышение ответственности водителей, не дают необходимых результатов. В связи с этим, все большее внимание уделяется инновационным подходам, основанным на использовании интеллектуальных транспортных систем (ИТС) и концепции прощающей дорожной среды [1].

ИТС представляют собой комплекс взаимосвязанных технологий, направленных на повышение эффективности и безопасности транспортной системы. Они включают в себя такие элементы, как системы управления дорожным движением, информационные системы для водителей, системы мониторинга и контроля, а также технологии связи между транспортными средствами и инфраструктурой. Прощающая дорожная среда, в свою очередь, подразумевает проектирование и строительство дорог таким образом, чтобы минимизировать последствия ошибок водителей и снизить тяжесть ДТП [2]. Ниже мы рассмотрим, как ИТС-технологии и принципы прощающей дорожной среды могут быть использованы для повышения безопасности дорожной инфраструктуры.

## ИТС И ПРОЩАЮЩАЯ ДОРОЖНАЯ СРЕДА: НА СТРАЖЕ БЕЗОПАСНОСТИ

ИТС-технологии предлагают широкий спектр инструментов для повышения безопасности дорожной инфраструктуры. В их числе следует назвать следующие.

Системы адаптивного управления дорожным движением. Эти системы позволяют динамически регулировать режим работы светофоров, скорость движения и доступ к определенным полосам в зависимости от текущей дорожной ситуации. Анализ данных о плотности потока, скорости движения и погодных условиях позволяет оптимизировать трафик, уменьшить заторы и снизить вероятность ДТП.

Информационные системы для водителей. Предоставление водителям актуальной и достоверной информации о дорожной обстановке – ключевой фактор повышения безопасности. Информационные табло, навигационные системы и мобильные приложения могут предупреждать водителей о заторах, авариях, ремонтных работах и погодных условиях, позволяя им выбирать оптимальные маршруты и принимать обоснованные решения.

Системы мониторинга и контроля. Видеонаблюдение, детекторы транспорта и другие сенсорные системы позволяют в режиме реального времени отслеживать состояние дорожной инфраструктуры и поведение участников движения. Это дает возможность оперативно реагировать на аварии и другие инциденты, а также выявлять потенциально опасные участки дороги.

Технологии связи V2X (Vehicle-to-Everything). V2X обеспечивает обмен информацией между транспортными средствами, инфраструктурой и другими участниками дорожного движения. Это открывает новые возможности для предупреждения водителей об опасностях, предотвращения столкновений и оптимизации движения. Например, система может предупредить водителя о приближающемся автомобиле на перекрестке с плохой видимостью или о пешеходе, находящемся в слепой зоне [3].

Концепция прощающей дорожной среды основана на признании того, что водители не застрахованы от ошибок. Цель – спроектировать и построить дороги таким образом, чтобы минимизировать последствия этих ошибок и снизить тяжесть ДТП. К основным принципам прощающей дорожной среды относятся следующие.

Улучшение геометрии дорог. Снижение числа конфликтных точек, обеспечение хорошей видимости, оптимизация радиусов поворотов и уклонов – все это способствует уменьшению вероятности возникновения ДТП и снижению их тяжести.

Использование средств пассивной безопасности. Барьерные ограждения, амортизирующие устройства и другие элементы дорожной инфраструктуры способны поглощать энергию удара и защищать участников движения от серьезных травм.

Создание зон безопасности. Широкие обочины, аварийные полосы и зоны безопасности дают водителям возможность избежать столкновения или съехать с дороги в случае возникновения опасной ситуации [4].

Разделение потоков движения: Разделение встречных потоков барьерными ограждениями, а также выделение отдельных полос для пешеходов и велосипедистов позволяет уменьшить количество конфликтных ситуаций и повысить безопасность всех участников движения.

Применение травмобезопасных конструкций. Использование специальных конструкций опор освещения, дорожных знаков и других элементов инфраструктуры, которые способны смягчить удар в случае столкновения, снижает риск получения серьезных травм [5–7].

Максимальный эффект в повышении безопасности дорожной инфраструктуры достигается при комплексном использовании ИТС-технологий и принципов прощающей дорожной среды [8–12]. Взаимодействие этих подходов создает синергетический эффект, позволяющий не только предотвращать ДТП, но и минимизировать их последствия. Так, системы мониторинга могут автоматически определять участки дороги с повышенным риском ДТП и передавать эту информацию в системы управления дорожным движением для принятия необходимых мер, таких как снижение скоростного режима или установка дополнительных знаков предупреждения [13; 14]. В свою очередь, данные о ДТП, полученные с помощью ИТС, могут быть использованы для совершенствования проектирования дорог и внедрения элементов прощающей дорожной среды на наиболее опасных участках.

Несмотря на значительный потенциал ИТС-технологий и прощающей дорожной среды, их внедрение сталкивается с рядом проблем. Внедрение ИТС и модернизация дорожной инфраструктуры требуют значительных финансовых вложений. Необходимо разрабатывать экономически эффективные решения и искать новые источники финансирования.

Интеграция различных ИТС-технологий и обеспечение их совместности являются сложной технической задачей. Необходимо разрабатывать единые стандарты и протоколы обмена данными. Сбор и обработка

данных о движении транспорта и поведении водителей вызывают опасения по поводу конфиденциальности. Необходимо разрабатывать надежные механизмы защиты персональных данных.

Несмотря на эти проблемы, развитие ИТС-технологий и концепции прощающей дорожной среды продолжается быстрыми темпами. С учетом постоянного совершенствования технологий и снижения их стоимости, можно ожидать, что в ближайшем будущем эти подходы станут основой для создания безопасной и эффективной транспортной системы.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Инновационные подходы к безопасности дорожной инфраструктуры, основанные на использовании ИТС-технологий и концепции прощающей дорожной среды, представляют собой основу в стремлении к снижению аварийности и смертности на дорогах. Эти подходы, дополняя и усиливая друг друга, открывают новые перспективы в создании безопасной и эффективной транспортной системы.

ИТС-технологии, с их широкими возможностями, позволяют не только оптимизировать управление дорожным движением, но и предоставлять участникам движения своевременную и точную информацию о дорожной обстановке. Системы адаптивного управления, информационные табло, навигационные системы и технологии V2X, работая совместно, создают условия для принятия водителями обоснованных решений, предотвращая возникновение опасных ситуаций. Более того, системы мониторинга и контроля позволяют оперативно реагировать на инциденты и выявлять потенциально опасные участки дороги, предоставляя ценную информацию для дальнейшего совершенствования инфраструктуры.

Прощающая дорожная среда, в свою очередь, фокусируется на минимизации последствий человеческих ошибок, признавая их неизбежность. Улучшение геометрии дорог, использование средств пассивной безопасности, создание зон безопасности и разделение потоков движения – все эти элементы работают на снижение тяжести ДТП и защиту участников движения от серьезных травм.

Взаимодействие этих подходов, где данные, получаемые с помощью ИТС, используются для совершенствования проектирования дорог и внедрения элементов прощающей дорожной среды, позволяет создать

целостную и эффективную систему обеспечения безопасности дорожного движения.

Несмотря на высокие затраты, технические сложности и вопросы конфиденциальности, развитие ИТС-технологий и концепции прощающей дорожной среды продолжается быстрыми темпами. Снижение стоимости технологий, разработка единых стандартов и совершенствование механизмов защиты данных делают эти подходы все более доступными и привлекательными для внедрения.

## ЛИТЕРАТУРА

1. OECD/ITF. Road Safety Annual Report 2023 : [web-site]. – URL: <https://www.itf-oecd.org/road-safety-annual-report-2023> (date of access: 24.04.2024).

2. Highway Safety Manual : [web-site]. – URL: <https://www.highwaysafetymanual.org/Pages/ResearchResources.aspx> (date of access: 24.04.2024).

3. Bekiaris, E. ITS as a Tool Towards Forgiving and Self-explanatory Road Infrastructure / E. Bekiaris, M. Panou // European Congress and Exhibition on Intelligent Transport Systems and Services, Budapest. – Hungary, 24–26 May 2004.

4. Forgiving roadsides design guide : [web-site]. – URL: [https://www.cedr.eu/download/Publications/2013/T10\\_Forgiving\\_roadsides.pdf](https://www.cedr.eu/download/Publications/2013/T10_Forgiving_roadsides.pdf) (date of access: 24.04.2024).

5. Arthur M. Dinitz. Safety Hardware and Materials for Safer, Forgiving Roadways : [web-site]. – URL: [https://saferroadsconference.com/wp-content/uploads/2016/05/Tuesday-am-MA-6-Dinitz\\_Arthur\\_139\\_V1\\_2014228-Safety-Hardware-and-Materials-for-Safer-Forgiving-Roadways.pdf](https://saferroadsconference.com/wp-content/uploads/2016/05/Tuesday-am-MA-6-Dinitz_Arthur_139_V1_2014228-Safety-Hardware-and-Materials-for-Safer-Forgiving-Roadways.pdf) (date of access: 24.04.2024).

6. Синергия подходов к совершенствованию интеллектуальных транспортных систем городов в России и Белоруссии / И. Н. Пугачев, Д. В. Капский, Д. В. Навой [и др.]. – Хабаровск : Тихоокеанский государственный университет, 2020. – 230 с.

7. Выбор наилучшего решения по организации дорожного движения путем оценки потерь / Д. В. Капский [и др.] // Дальний Восток: проблемы развития архитектурно-строительного комплекса. – 2019. – № 1-1. – С. 254–258.

8. Капский, Д. В. Анализ алгоритмов управления дорожным движением и их применимости на современном этапе развития ИИТС /

Д. В. Капский, И. Н. Пугачев, Д. В. Навой // Дальний Восток: проблемы развития архитектурно-строительного комплекса. – 2019. – № 1-1. – С. 259–264. – EDN YXYJKZ.

9. Оценка эффективности движения транспортных потоков на основе обработки навигационных данных о движении транспортных средств / Д. В. Капский [и др.] // Наука и техника. – 2017. – Т. 16, № 5. – С. 444–454. – DOI 10.21122/2227-1031-2017-16-5-444-454. – EDN XQGIER.

10. Капский, Д. В. Развитие автоматизированной системы управления дорожным движением Минска как части интеллектуальной транспортной системы города / Д. В. Капский, Д. В. Навой // Наука и техника. – 2017. – Т. 16, № 1. – С. 38–47. – DOI 10.21122/2227-1031-2017-16-1-38-48. – EDN YMFDXR.

11. Капский, Д. В. Создание интеллектуальной транспортной системы крупнейших городов / Д. В. Капский, Д. В. Навой // Вестник Полоцкого государственного университета. Серия В. Промышленность. Прикладные науки. – 2017. – № 3. – С. 66–75. – EDN ZCPRCD.

12. Капский, Д. В. Методология повышения безопасности дорожного движения в городских очагах аварийности : специальность 05.22.10 «Эксплуатация автомобильного транспорта» : диссертация на соискание ученой степени доктора технических наук / Д. В. Капский. – Минск, 2013. – 282 с. – EDN ZBTCQX.

13. Автоматизированные системы управления дорожным движением : учебное пособие для учреждений высшего образования по специальности «Организация дорожного движения» / Д. В. Капский [и др.]. – Минск; Москва : Издательский Дом «Инфра-М», 2015. – 367 с.

14. Скиркоцкий, С. В. Теоретические и практические подходы к созданию и развитию интеллектуальной транспортной системы города / С. В. Скиркоцкий, Д. В. Капский, Д. В. Навой ; Министерство транспорта и коммуникаций Республики Беларусь; Белорусский государственный университет транспорта. – Гомель : Учреждение образования «Белорусский государственный университет транспорта», 2022. – 171 с. – EDN PХKPAХ.

Представлено 08.05.2024