

ДИГИТАЛИЗАЦИЯ НА ЖЕЛЕЗОПЪТНИЯ ТРАНСПОРТ – ТЕНДЕНЦИИ И ПЕРСПЕКТИВИ

Борислав Арнаудов¹

Резюме

Железопътният транспорт е гръбнакът на всяка една икономика и общество при осигуряване на пътуванията. Дигитализацията е ключът към по-голяма достъпност, автоматизация на процесите, свързаност на хората и устойчивост на железопътния транспорт. Целта на статията е да очертае посоките на цифровата трансформация на железопътния транспорт. Използваните методи са анализ на налични данни в литературата и практически опит при въвеждането на иновативни решения при цифровизацията на железопътния транспорт в България.

Ключови думи: железопътен транспорт; дигитализация; инфраструктура; Иновации; цифрова трансформация

JEL: L92; O33; O18

DIGITIZATION OF RAIL TRANSPORT – TRENDS AND PROSPECTS

Borislav Arnaudov²

Abstract

Rail transport is the backbone of every economy and society in terms of providing travel. Digitalisation is the key to greater accessibility, process automation, connectivity and sustainability of rail transport. The aim of this article is to outline the directions of the digital transformation of rail transport. The methods used are analysis of available data in the literature and practical experience in the introduction of innovative solutions for the digitization of rail transport in Bulgaria.

Keywords: rail transport; digitization; infrastructure; innovation; digital transformation

JEL: L92; O33; O18

¹ Доц. д-р Катедра „Икономика на транспорта и енергетиката“, УНСС, barnaudov@unwe.bg

² Assc. Prof. Phd - Department of Transport and Energy Economics, UNWE, barnaudov@unwe.bg

Въведение

Железопътният транспорт е един от най-енергийно ефективните видове транспорт, като е постигнал най-голям напредък в областта на енергийната ефективност през последните 30 години. За сравнение с другите видове транспорт, същият е подобрил ефективността си с 37 %, камионите (леко и тежко товарни) с 13 %, докато автомобилния с 8 % и автобусите с едва 3 % (Europe's rail, 2024). Подобрената енергийна ефективност на железопътния транспорт се определя от декарбонизацията, която е най-ефективната форма за реакция на предизвикателствата на глобалното затопляне, недостига на изкопаеми ресурси и повишените цени на енергията. Благодарение на екологичните си предимства, железопътният транспорт е неразделна част от трансформацията на транспортния сектор, като подобрява конкурентоспособността и привлекателността си на пазара на транспортни услуги и значително увеличава дела си в него. В графиката е показано делът на различните видове транспорт при отделянето на въглеродни емисии (Ritchie, 2023).



Графика 1: Отделяни CO₂ в пътник/км при различните видове транспорт за 2023г.

Видно от графиката е, че железопътният транспорт е най-щадящ околната среда на един километър изминато разстояние от един пътник. Парниковите газове се измерват в еквивалент на въглероден диоксид, като се отчитат отделените емисии от превоза на един пътник на разстояние един километър. Общата класация по видове транспорт може да има разлики в отделните страни от ЕС в зависимост от техния електроенергиен микс – автомобилен парк, мрежа на обществения транспорт, начини на пътуване и др.

Дигитализацията и устойчивостта са двете движещи сили на бъдещето на железниците, като ги правят по-ефективни, устойчиви и взаимосвързани. Развитието на

СПИСАНИЕ „ИНДУСТРИАЛНИ ОТНОШЕНИЯ И ОБЩЕСТВЕНО РАЗВИТИЕ“ БР. 3/2025

железопътния транспорт е от ключово значение в съвременните транспортни системи. Същият предлага по-устойчива, а в някои случаи по-ефективна алтернатива спрямо другите видове транспорт. С урбанизацията на обществата и нарастващите нужди на населението поражда необходимостта от по-устойчиви, по-ефективни и интелигентни транспортни решения. Железопътната индустрия, която е ключов стълб на обществения транспорт, преминава през цифрова революция, която оптимизира операциите, повишава безопасността и подобрява качеството на предлаганата услуга. Цифровата трансформация е от съществено значение при осигуряването на по-безопасен, устойчив и бърз транспорт. През последните години технологии като IoT (Internet of Things) и AI (Artificial Intelligence) не само повишават ефективността на железопътния транспорт, но подобряват обмена на данни, което спомага за по-добро сътрудничество между производители на подвижен състав, оператори и регулаторни органи в интерес на пътниците. Целта е предлагане на железопътна услуга, отговаряща на променящите се изисквания на глобалната мобилност.

Дигитализирането на железопътния транспорт означава промени в начина на работа, във функционирането на бизнес модела – на основата на новопридобити знания и умения по прилагане на практика на цифрови решения. Новите технологии ускоряват процеса на дигитализация като засилват процеса на свързване в мрежи, като по този начин създават цифрови сфери в реалния свят (Sledziowska, 2020). Дигитализацията се явява като инструмент, който не само осигурява необходимата връзка между реалния и виртуалния свят, но и се превръща в основен двигател на иновациите и промените, които засягат не само железопътния транспорт, а и всички други сектори на икономиката (Majewski, 2022). Внедряването и развитието на цифровите технологии водят до предефиниране на взаимоотношенията с клиентите (пътниците) на железницата, организацията на работа, маркетинга и използването на ресурсите. Цифровизацията трябва да бъде насочена към крайния потребител, а не да се ограничава до управителите на инфраструктурата и железопътните превозвачи. Целта е да се осигури на пътниците предоставяне на информация, която е интегрирана и съобразена с нуждите на потребителите, независимо от избрания оператор и вид транспорт.

1. Цифрова железница – възможности и перспективи

Проектирането, експлоатацията и поддръжката на железопътните системи е свързано с интегрирането на съвременните цифрови технологии на основата на изкуствения интелект и интернет на нещата. Целта на цифровите железници е да се създадат високоефективни мрежи, които да оптимизират работата, да подобрят безопасността чрез интелигентна свързаност (Garchev, 2021). Това е всеобхватен подход, който предефинира начина, по който функционира железопътния транспорт, като се използват данни в реално време и съвременни технологии за прогнозиране и управление на трафик и намаляване на неефективността (Kumar, 2024). Цифровите железопътни технологии промениха начина

по който се проектират и изграждат железопътните системи – инфраструктура и подвижен състав. Усъвършенстваната роботика и автоматизация рационализираха процесите на управление, обработка и анализ на данни, повишавайки прецизността и ефективността, като същевременно минимизираха грешките на човешкия фактор при управление на трафика. Внедряването на интелигентни системи за сигнализация и автоматизация оптимизират разписанията на влаковете, като по този начин се увеличи максимално капацитета на мрежата и минимизираха закъсненията на влаковете. Чрез прилагане на иновации се постига по-ефективно управление на ресурсите и ефикасно използване на активите на железопътната инфраструктура. Прогнозните модели, управлявани с изкуствен интелект, помагат на железопътните оператори да предвиждат и реагират на колебанията в търсенето и гарантират, че влаковете се движат по график и с оптимална заетост. Европейската система за управление на железопътния трафик (ERTMS) е нагледен пример за успешно внедряване на цифрови технологии в железопътния транспорт. Системата стандартизира управлението на влаковете и комуникацията в европейските железопътни мрежи, като използва цифрови системи за сигнализация и управление (Arnaudov, B. 2022). С внедряването ѝ преди повече от 20 години европейските железопътни оператори постигнаха подобрена оперативна съвместимост, повишена безопасност и намалиха оперативните разходи. С нарасналата необходимост от по-голяма пропускателна способност, по-висок капацитет и гъвкави възможности за разгръщане на железопътната мрежа в Европа, Европейската агенция за железопътен транспорт (ERA) въведе нова система (FRMCS), която да покрие критичните места относно комуникацията между диспечерите и операторите при управление на железопътния трафик. Визията на бъдещата система за мобилна комуникация в железопътния транспорт (Future Railway Mobile Communication System) е да се обработват, предават и използват все по-големи обеми от данни, което е в основата на устойчивия транспорт. Целта е създаването на сигурна и спешна гласова комуникация между машинист и диспечер при управлението на влака чрез обмен на данни в реално време съгласно отворени стандарти за да се подобри пътуването на потребителите на транспортна услуга. Перспективите пред цифровизацията на железопътния транспорт могат да се очертаят в някои конкретни посоки:

- Постоянен достъп до интернет по време на пътуването – свързан пътник;
- По лесно планиране на самото пътуване – мобилността като услуга (MaaS);
- Повишена сигурност и безопасност – по-надеждни, уютни и комфортни влакове;
- Намалени оперативни разходи – движение на влака по предварително начертани маршрути съобразно пътничкопотока и графика за движение;
- Подобрено качество на предлаганата услуга – свеждане на закъсненията до разумни граници (максимум 10 -15 минути);

- Системи, при които подвижния състав се пуска без никакво участие на оперативен персонал – автоматизация и оперативна съвместимост на системите за управление на трафика;
- Навременна поддръжка на подвижния състав зависеща от данните предавани непрекъснато от електронните системи – превантивна поддръжка, повишаваща надеждността на пътуването.

Решенията предлагани от съвременните технологии, се превръщат в основен компонент при създаването на новите бизнес модели и пазарни стратегии, защото имат ключова роля при изпълнението на задачите в новите икономически условия.

2. Предизвикателства пред железопътната индустрия в България

Новите реалности в европейската транспортна политика поставят нови предизвикателства и перспективи пред железопътния транспорт в България. Железопътната индустрия е изправена пред сериозни предизвикателства, свързани с модернизацията и конкуренцията с другите видове транспорт (*Драгиева, 2024*). Предизвикателствата са свързани най-вече ниското качество на железопътната инфраструктура и забавените проекти за нейното рехабилитиране и реконструкция. Това се определя преди всичко от финансирането, което за България се оценява на 2 млрд. евро за всичките 21 проекта предвидени по програма „Транспортна свързаност“ за програмния период 2021-2027г (*НКЖИ, 2024*). Повечето проекти се отнасят до модернизиране на съществуващите трасета чрез въвеждане на SCADA и изграждане на ERTMS и ETCS по линии Русе – Каспичан, Видин – Мездра, Оризово - Михайлово и Елин Пелин – Септември.

Друг аспект на приложение на иновациите е поддръжката на подвижния състав и инфраструктура. Традиционно поддръжката в железопътния транспорт е реактивна и ремонтите се извършват след като проблема е вече налице. Вградените сензори и алгоритми за прогнозна поддръжка осигуряват наблюдение на състоянието на подвижния състав и инфраструктура в реално време и решават проблеми преди да доведат до повреди. Целта на тези иновативни решения е да се премине от реактивна към прогнозна поддръжка и да се сведе до минимум престоя и удължи живота на активите, което да доведе до по-ниски разходи за целия жизнен цикъл LCC (Life-cycle costs) (Romm, 1994).

Дигиталният преход в България включва националния стратегически документ „Цифрова трансформация на България за периода 2020-2030г“, където е заложено дигитализацията на транспортния сектор (*Нинов, 2024*). Съгласно документа до 2030 г. чрез внедряване на иновативни решения (ETCS, ERTMS, ITS) в областта на планирането и управлението на трафика ще се повиши мобилността, увеличи капацитета на мрежата и подобри сигурността и безопасността при осъществяване на превозите. Основни проблеми, влошаващи качеството на предлаганата железопътна услуга е достъпът до информация, лоша организация и управление, закъснения и липса на връзка в реално време между операторите и управителите на инфраструктурата (*Тодорова, 2022*). В

таблицата са показани някои от проектите, които се реализират от Държавното предприятие „Национална компания Железопътна инфраструктура“ (ДП НКЖИ) по Оперативна програма „Транспортна свързаност“ (МОСВ, 2024).

Таблица 1: Проекти по Оперативна програма „Транспортна свързаност“ за модернизация на железопътната мрежа в България

фаза	Оперативна програма	дейности	период
Строителство	ПТС	модернизация на жп линия Елин Пелин-Костенец	2024-2027
Строителство	ПТС	модернизация на жп линия София - Перник	2022-2029
Строителство	ПТС	модернизация на жп линия Перник - Радомир	2021-2029
Проектиране и строителство	ПТС	внедряване на ERTMS по жп линия Русе-Каспичан	2022-2029
Проектиране и строителство	ПТС	внедряване на ETCS по жп линия Елин Пелин - Септември	2027-2029
Проектиране и строителство	ПТС	внедряване на ERTMS по жп линия Радомир-Кулата	2023-2029
Проектиране и строителство	ПТС	въвеждане на SCADA по жп линия Видин - Мездра	2021-2025

Източник: ДП „НКЖИ“

При всички проекти е осигурено финансиране по Оперативна програма „Транспортна свързаност“, като една част се изпълняват в срок (Елин Пелин-Костенец и София-Перник), а други изостават значително от предвидените срокове (EUFUNDS, 2025). Целта на модернизацията на железопътните линии и внедряването на ERTMS и ETCS, както и въвеждането на SCADA е да се подобрят параметрите на съответната линия, като по този начин се увеличи капацитета на мрежата и повиши сигурността и безопасността на превозите. По железопътната линия Пловдив – Бургас се рехабилитират и удвояват приблизително 300 км железопътна инфраструктура и се изпълняват нови системи за сигнализация в гарите Оризово, Чирпан и Михайлово. Премахнати са приблизително 40 пресичания на едно ниво с шосейната инфраструктура, като на тяхно място са изградени надлези и подлези, заменящи опасните прелези. Извършено е рехабилитиране на контактните мрежи в гарите Стралджа и Зимница, като на последната е направена реконструкция на стрелковото развитие. Планът за трансформиране на железопътната мрежа в България в полза на пътниците, бизнеса и товарните оператори чрез внедряване

на модерни технологии за сигнализация и управление на влаковете с цел увеличаване на капацитета, намаляване на закъсненията, подобряване на безопасността и намаляване на разходите.

Политическите решения за бъдещето на железопътния транспорт трябва да бъдат въз основа на дългосрочна визия за постигане на икономически растеж, географска достъпност и енергийна трансформация. Инвестициите в железопътен транспорт стимулират създаването на работни места и увеличаване на БВП, което допринася за подобряване на икономическите показатели на страната и е обвързано с икономическият растеж. Железопътния транспорт спомага за сближаване на регионите и „изравняване“ на социалния статус на обществото, което е пряко свързано с географската достъпност. Постигането на целите на енергийната трансформация е обвързано с развитието на железопътния транспорт като допринасящ за намаляване на въглеродните емисии и насърчаване на активните пътувания и в крайна сметка за достигане на нулеви нетни въглеродни емисии до 2050 г.

Заклучение

Нарастващото значение на цифровата железница се дължи главно на иновативните технологии и на растящите очаквания на потребителите по отношение на качеството на предлаганите транспортни услуги. Цифровата трансформация е неизбежна, от една страна, за да се запази привлекателността на транспортното предлагане, а от друга страна, за да се поддържат оперативния капацитет и конкурентното предимство спрямо другите видове транспорт с оглед на подобрените канали за комуникация. С навлизането на частни превозвачи в България, цифровизацията ще спомогне за единен билет за превоз за цялото пътуване независимо от железопътната линия, направление или превозвач, който действително обслужва даден маршрут по железопътната мрежа. Транспортните решения, свързани с цифровизацията, се взимат в рамките на железопътните системи на отделните държави, оператори и мрежи. Необходима е глобална интеграция на тези решения, като от правна, така и от технико-експлоатационна гледна точка. Интеграцията и динамиката на процесите, осъществявани от железопътните организации, водят до разработването на нов модел на тяхното функциониране, който се основава на бързия поток на информация, гарантирана сигурност за клиентите и високо качество на обслужването.

Използвана литература:

Arnaudov, B. (2022). Digitalization in railway transport as a factor for improving the quality of the offered railway service. *Yearbook of UNWE*, UNWE publishing house.

Arnaudov, B. (2022). *Increasing the Economic and Social Effectiveness of Passenger Railway Freights through the Incorporation of New Railway Rolling Stock*. Sofia: UNWE publishing house.

ЕУFUNDs. (17 03 2025 г.). *Програма Транспортна свързаност*. Извлечено от <https://www.eufunds.bg>: <https://www.eufunds.bg/bg/optti/term/393>

Europe's rail. (19 09 2024 г.). *Rail research europe*. Извлечено от <https://rail-research.europa.eu>: <https://rail-research.europa.eu/latest-news/making-rail-transport-more-sustainable-comfortable-and-quieter/>

Garchev, D. (2021). Digitalization in railway transport a lever to improve rail competitiveness. *Mechanics Transport Communications*, IX-1 - IX-5.

Kumar, N. (2024). *Shaping the future of mobility with digital rail innovation and sustainability*. London: Quest global.

Majewski, J. (2022). Digital transformation in railway transport. *Extending Boundaries: The Impact of the Digital World on Consumers and Marketing* (стр. 139-156). Warsaw: Poltext.

Ritchie, H. (30 08 2023 г.). Извлечено от <https://ourworldindata.org>: <https://ourworldindata.org/travel-carbon-footprint>

Romm, J. (1994). *Sustainable building technical manual*. Denver, USA: Public technology Inc.

Sledziowska, W. R. (2020). *Gospodarka cyfrowa Jack technologie zmieniaja swiat*. Warsaw: Wydawnictwo Uniwersytetu Warszawskiego.

Драгиева, Д. (2024). Предизвикателства пред железопътния транспорт на Република България. *Механика Транспорт Комуникации*, III-21 - III-27.

МОСВ. (06 03 2024 г.). *Министерство на околната среда и водите*. Извлечено от <https://www.moew.government.bg>: https://www.moew.government.bg/static/media/ups/articles/attachments/Analiz%20Klimat%20_jp%20Krumovo%20Turska%2003.242dce35d5a05d5858e864f1345858e189.pdf

Нинов, М. (2024). Дигиталната трансформация в железниците в България. *Механика Транспорт Комуникации*, III-21 - III-27.

НКЖИ. (2024). *ДП НКЖИ*. Извлечено от <https://www.rail-infra.bg/bg/342>: <https://www.rail-infra.bg>

Тодорова, М. (2022). Дигитализацията в железопътния транспорт и предизвикателства пред работната сила в сектора. *Механика Транспорт Комуникации*, I-15 - I-22.