FRI-20.21-1-SITSTL-02

THE ROLE OF INTELLIGENT TRANSPORT SYSTEMS IN THE DEVELOPMENT OF ELECTROMOBILITY [2]

Eng. Yordan Georgiev
"Angel Kanchev" University of Ruse
Phone: +359884949262
E-mail: d_a_n_c_h_o@abv.bg

Assoc. Prof. Dimitar Grozev, PhD
Department of Transport,
"Angel Kanchev" University of Ruse
Phone: +359 82 888 231
E-mail: dgrozev@uni-ruse.bg

Prof. Ivan Beloev, PhD
Department of Transport,
"Angel Kanchev" University of Ruse
Phone: +359 82 888 231
E-mail: ibeloev@uni-ruse.bg

Chief Assist. Prof. Denitsa Miteva, PhD
Department of Transport,
"Angel Kanchev" University of Ruse
Phone: +359883412051
E-mail: dmiteva@uni-ruse.bg

Abstract: *The paper reviews the role of intelligent transport systems (ITS) as an enabler of electromobility. It argues that the main barriers to the mass adoption of electric vehicles: range anxiety, access to charging and the load on the power grid, are largely informational and managerial rather than technical. The electromobility is presented as a system of vehicles, charging points, operators, the power grid and users, connected through standard protocols. The main ITS services are analysed: charging information, range-aware navigation, payment and roaming, smart and bidirectional charging, and the planning of electric freight fleets and buses. The EU regulatory framework (AFIR and the CO_2 standards) and the state of electromobility in Bulgaria are summarised. Charging linked to renewable energy is identified as a key direction for Bulgaria.*

Keywords: *electromobility, intelligent transport systems, smart charging, vehicle-to-grid, charging infrastructure, AFIR.*

ВЪВЕДЕНИЕ

Пътният транспорт е сред секторите, в които намаляването на емисиите на парникови газове е най-трудно. Затова Европейският съюз определя все по-строги изисквания към новите превозни средства. За леките автомобили се предвижда пълно намаляване на CO_2 емисиите от 2035 г. (EU, 2023a), а за тежкотоварните - намаление с 90 % до 2040 г. (EU, 2024). Пазарът вече следва тази посока. През 2025 г. електрическите автомобили са една четвърт от новите продажби в света и 28 % в Европа, а продажбите на електрически камиони се удвояват (IEA, 2026).

Масовото навлизане на електромобилите обаче не е само въпрос на смяна на задвижването. Ограниченият пробег и времето за зареждане пораждат у водачите т.нар. „страх от пробега" (Rauh et al., 2015). Неуправляваното зареждане натоварва разпределителната мрежа (Clement-Nyns et al., 2010), а екологичният ефект зависи от енергийния микс, от който идва електроенергията (Evtimov

[2] Докладът е представен на пленарната сесия на 23 октомври 2026 г. в секция Sustainable and Intelligent Transport Systems, Technologies and Logistics, с оригинално заглавие на български език: *Ролята На Интелигентните Транспортни Системи В Развитието На Електромобилността*

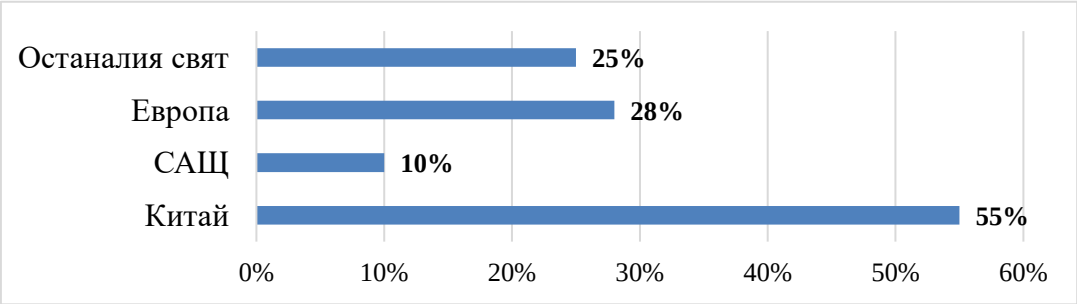
et al., 2018). Тези проблеми не се решават с по-големи батерии, а с навременна информация и координирано управление на превозните средства, зарядната инфраструктура и енергийната система (Mahmud et al., 2018). Точно това е функцията на интелигентните транспортни системи (ИТС).

Целта на доклада е да се изследва ролята на ИТС като фактор за развитието на електромобилността. Задачите са: да се представи електромобилността като система от участници и информационни потоци; да се анализират услугите на ИТС в подкрепа на електрическите превозни средства; да се обобщят нормативната рамка в ЕС и състоянието в България; да се очертаят основните предизвикателства. Докладът има обзорен характер и се основава предимно на публикации в научни списания, индексирани в Web of Science и Scopus, и на нормативни документи на ЕС.

ИЗЛОЖЕНИЕ

Неравномерен растеж и неговите причини

Електромобилността не се развива с еднакъв темп. Делът на електрическите автомобили в продажбите варира от близо 55 % в Китай до под 10 % в САЩ, а Европа е малко над средното за света (фиг. 1) (IEA, 2026). Разликите не се обясняват само с цената на автомобилите. Те отразяват колко достъпно и предвидимо е зареждането за обикновения водач.

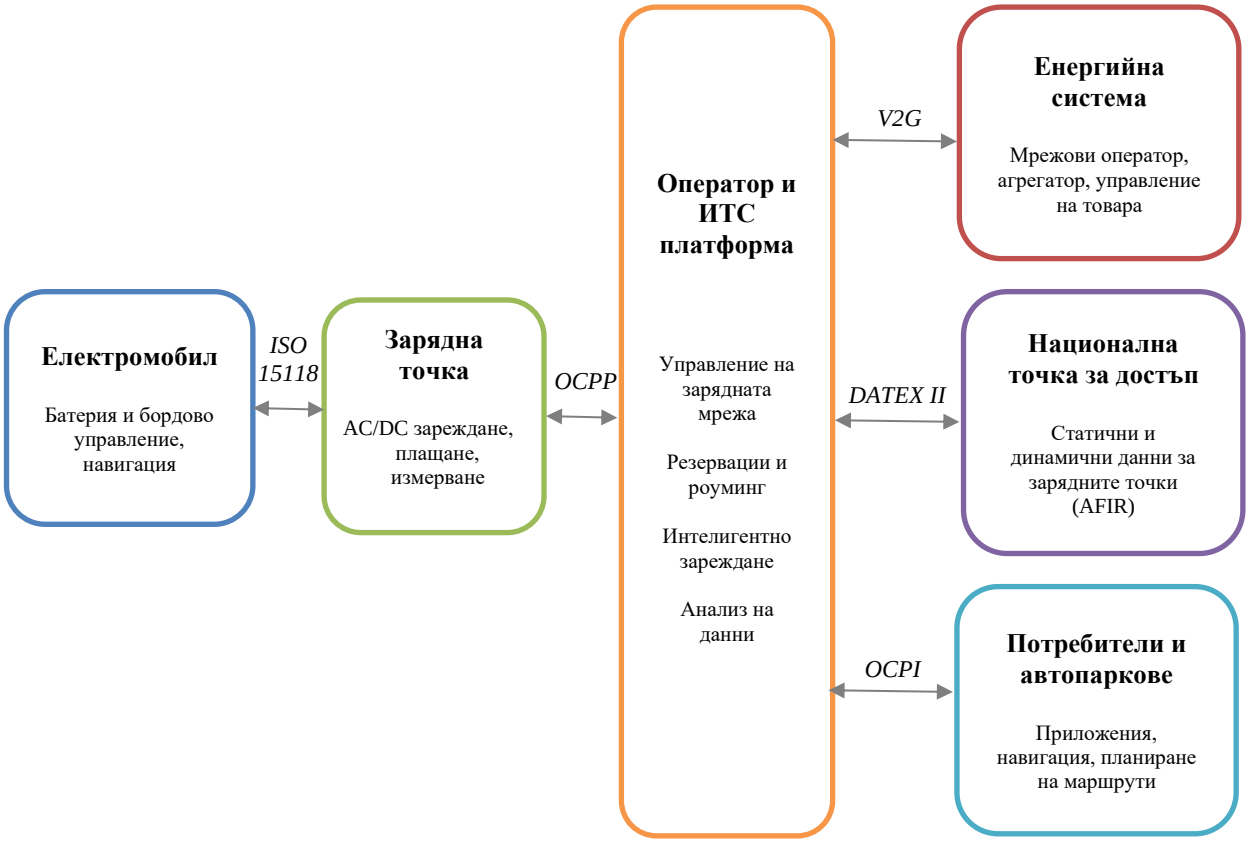


Фиг. 1. Дял на електрическите автомобили в продажбите на нови леки автомобили през 2025 г.

Изследванията потвърждават тази връзка. Обзор на международните данни показва, че нуждата от обществени зарядни точки зависи преди всичко от това доколко водачите могат да зареждат у дома и на работа (Funke et al., 2019). Предпочитанията на потребителите към зарядната инфраструктура: местоположение, мощност, надеждност и начин на плащане са сред решаващите фактори за избора на електромобил (Hardman et al., 2018). Опитът също има значение: водачите с повече опит преживяват значително по-слабо безпокойство за пробега (Rauh et al., 2015). Следователно бариерата е до голяма степен информационна, а информацията е областта, в която ИТС имат най-голямо предимство.

Електромобилността като система

Електромобилът сам по себе си не решава проблема с мобилността. Той е част от система, в която участват зарядната точка, операторът на зарядната мрежа, енергийната система, националните точки за достъп до данни и крайните потребители (фиг. 2).



Фиг. 2. Интелигентните транспортни системи като система на електромобилността

Ефективността на системата зависи от обмена на данни между тях, който се осъществява чрез стандартизирани протоколи: ISO 15118 между автомобила и зарядната точка (ISO 2020), OCPP към системата на оператора, V2G от превозното средство към мрежата, OCPI между операторите и потребителите и DATEX II към националните точки за достъп. В литературата това съчетание на транспортна и енергийна инфраструктура се разглежда като „интернет на енергията“ (Mahmud et al., 2018).

Платформата на оператора е ядрото на системата. Тя събира данни от инфраструктурата, обработва ги и връща управляващи въздействия към зарядните точки, мрежата и ползвателите, т.е. изпълнява класическата функция на интелигентна транспортна система. Решенията за технологията на зареждане и разположението на станциите също се основават на тези данни и на оптимизационни методи (Shareef et al., 2016).

Услуги на ИТС за електромобилността

Ролята на ИТС се проявява конкретно чрез услуги, които адресират отделните бариери. Те са систематизирани в табл. 1.

Таблица 1. Услуги на ИТС в подкрепа на електромобилността

Услуга на ИТС	Как работи	Значение и източник
Информация за зарядните точки	Статични данни (местоположение, мощност, конектори) и динамични данни (заетост, цена) чрез националните точки за достъп	Задължително по AFIR за обществено достъпните зарядни точки. Достъпът до зареждане е ключов фактор за приемането на електромобилите
Навигация, отчитаща пробега	Маршрутът се планира според заряда на батерията, наклона, температурата и свободните зарядни точки	Намалява „страха от пробега“, който е най-силен при неопитните водачи.
Плащане, резервации и роуминг	Зареждане без абонамент, резервация на зарядна точка, обмен между операторите (OCPI)	AFIR изисква плащане с банкова карта на станциите с мощност от 50 kW и прозрачни цени.
Интелигентно зареждане	Мощността на зареждане се управлява според натоварването на мрежата, цената на енергията и нуждите на водача	Намалява върховото натоварване и загубите в разпределителната мрежа
Двупосочно зареждане (V2G)	Батерията връща енергия към мрежата при нужда	Услуги за мрежата: регулиране на честотата, резерв, намаляване на върховия товар
Електрически автопаркове	Планиране на маршрути със спирки за зареждане, графици на зареждането, телематика	Задача за маршрутизация с времеви прозорци и зарядни станции. Зареждане по време на задължителната почивка на водача.
Електрически обществен транспорт	Статични данни (местоположение, мощност, конектори) и динамични данни (заетост, цена) чрез националните точки за достъп	Оценка на енергийната и икономическата ефективност на електробусите и изисквания към бързото зареждане

Услугите се допълват. Информацията за свободните зарядни точки и навигацията, отчитаща пробега, премахват несигурността за водача. Плащането и роумингът правят зареждането толкова лесно, колкото зареждането с гориво. Оптимизационните модели за разположението на станциите, управлението на зареждането и бизнес моделите дават инструментите на операторите (Shen et al., 2019).

Интелигентното зареждане - мостът към енергийната система

Най-голямата системна заплаха от масовата електромобилност е натоварването на мрежата. Моделиране на жилищна разпределителна мрежа показва, че неуправляваното зареждане увеличава загубите на мощност и отклоненията на напрежението, а координираното ги намалява значително (Clement-Nyns et al., 2010). Интелигентното зареждане премества товара във времето според натоварването на мрежата и цената на енергията, без да нарушава нуждите на водачите (García-Villalobos et al., 2014).

Следващата стъпка е двупосочното зареждане (V2G), при което паркираните електромобили връщат енергия и предоставят услуги като регулиране на честотата и резерв на мощност (Bulatov, Y. et al, 2025). Обзорите отчитат и ограниченията: износването на батериите, цената на двупосочните зарядни устройства и нуждата от общи комуникационни стандарти. Ролята на интелигентните транспортни системи е най-ясна – без обмен на данни в реално време, интелигентното и двупосочното зареждане са невъзможни.

Товарен и обществен транспорт

Електрификацията на товарния транспорт поставя по-високи изисквания към планирането. Анализ на товарните потоци по видове стоки показва, че електрическите товарни автомобили могат да поемат до 71 % от тонкилометрите в Швейцария, но само 35 % във Финландия, където преобладават тежките композиции (Liimatainen et al., 2019). При ограничен пробег маршрутът

трябва да включва спирки за зареждане, съобразени с времевите прозорци на клиентите (Schneider et al., 2014), а зареждането може да се съчетае със задължителната почивка на водача (EU, 2006; Pelletier et al., 2016). В обществения транспорт изборът между зареждане в депото и бързо зареждане по маршрута определя необходимия капацитет на батериите и инфраструктурата (Rogge et al., 2015), а енергийните и икономическите ползи от електробусите зависят от условията на експлоатация (Georgiev A.,2023).

Нормативна рамка

Европейското законодателство превръща голяма част от разгледаните услуги в задължителни изисквания (табл. 2). Регламентът AFIR, прилаган от 13 април 2024 г., свързва зарядната инфраструктура пряко с ИТС чрез изискванията за данни, плащане и интелигентно зареждане.

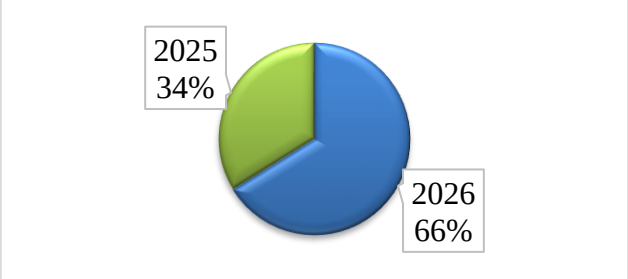
Таблица 2. Нормативни изисквания, свързани с ИТС и електромобилността

Документ	Основно изискване	Значение за ИТС
Регламент (ЕС) 2023/1804 (AFIR)	Зарядни станции от поне 150 kW през 60 km по основната TEN-T мрежа от 2025 г.; станции за тежкотоварни автомобили през 120 km	Задължителни данни за зарядните точки, плащане без абонамент, възможност за интелигентно зареждане
Регламент (ЕС) 2023/851	100 % намаление на CO_2 емисиите на новите леки автомобили от 2035 г.; предложено намаление до 90 % (European Commission, 2025)	Определя темпа, с който расте нуждата от зарядна инфраструктура и услуги
Регламент (ЕС) 2024/1610	Намаление на CO_2 емисиите на новите тежкотоварни автомобили с 45 % (2030), 65 % (2035) и 90 % (2040); беземисионни градски автобуси от 2035 г.	Налага планиране на зареждането на товарни автопаркове и електробуси
Регламент (ЕО) 561/2006	Задължителна почивка от 45 min след 4,5 h управление на МПС	Възможност зареждането на камионите да се планира по време на почивката
ISO 15118-20:2022	Комуникация между превозното средство и зарядната точка, вкл. двупосочен пренос на енергия	Основа за автоматично разпознаване, плащане и V2G

Състояние в България

България навлиза в електромобилността без значителни държавни стимули. През 2025 г. в страната са регистрирани около 22 000 електромобили (EV, Bulgaria), а към средата на 2026 г. обществено достъпните зарядни точки са над 2500 (NaTok, 2026).

Общо за периода от януари до юни 2026 г. в България са регистрирани 2029 нови леки автомобила, което е с ръст от приблизително 51% спрямо същия период на 2025 г. (EV Sales, 2026)(фиг.3).



Фиг. 3. Процентов дял на новозакупените електрически автомобили в България през периода януари – юни 2025 и януари – юни 2026

У нас електромобилността има най-голям ефект, когато зареждането се свърже с възобновяеми източници. А това изисква точно интелигентно зареждане, данни за зарядните точки и интеграция с енергийната система. Конкретни възможности са зарядни хъбове за тежкотоварни автомобили по коридорите на TEN-T (например в направлението през Дунав мост при Русе(Grozev, D. et al. 2018),

интелигентно зареждане в депата на градския транспорт и подготовка на специалисти, които съчетават знания за транспорта, енергетиката и данните (Miteva et al., 2025).

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Обзорът показва, че основните бариери пред електромобилността: страхът от пробега, достъпът до зареждане и натоварването на мрежата – са в голяма степен информационни и управленски, а не технически. Затова ИТС са не допълнение, а необходимо условие за масовото навлизане на електромобилите. Те свързват превозните средства, зарядната инфраструктура и енергийната система в обща система, правят зареждането предвидимо и позволяват то да се съгласува с възможностите на мрежата.

Европейската нормативна рамка вече превръща тази връзка в задължение чрез изискванията за данни, плащане и интелигентно зареждане. Остават предизвикателствата пред оперативната съвместимост, капацитета на мрежата, киберсигурността и разходите. За България най-важната задача е изградената зарядна инфраструктура да се свърже в единна информационна среда и с възобновяемите източници. Бъдещите изследвания могат да се насочат към икономическия ефект от електрификацията на товарни автопаркове и към включването на ИТС и електромобилността в обучението на транспортните специалисти.

АБРЕВИАТУРИ

AFIR	lternative Fuels Infrastructure Regulation	Регламент относно инфраструктурата за алтернативни горива
DATEX II	Data Exchange between traffic and travel information centres	Обмен на данни между центровете за информация за трафика и пътуванията
OCPP	Open Charge Point Protocol	Протокол за отворена точка за зареждане
OCPI	Open Charge Point Interface	Интерфейс за отворени точки за зареждане
V2G	Vehicle-to-Grid	От превозното средство към мрежата

REFERENCES

European Union (2023a). Regulation (EU) 2023/851 regards strengthening the CO2 emission performance standards for new passenger cars and new light commercial vehicles. Official Journal of the European Union, L 110, 5-20.

European Union (2024). Regulation (EU) 2024/1610 regards strengthening the CO2 emission performance standards for new heavy-duty vehicles. Official Journal of the European Union, L series, 6.6.2024.

IEA (2026). Global EV Outlook 2026. Executive summary. Paris: International Energy Agency. URL: https://www.iea.org/reports/global-ev-outlook-2026/executive-summary (Accessed on 07.10.2026).

Rauh, N., Franke, T., & Krems, J. F. (2015). Understanding the impact of electric vehicle driving experience on range anxiety. Human Factors, 57(1), 177-187.

Clement-Nyns, K., Haesen, E., & Driesen, J. (2010). The impact of charging plug-in hybrid electric vehicles on a residential distribution grid. IEEE Transactions on Power Systems, 25(1), 371-380.

Evtimov, I., Ivanov, R., Kadikyanov, G., & Staneva, G. (2018). Life cycle assessment of electric and conventional cars energy consumption and CO2 emissions. MATEC Web of Conferences, 234, 02007

Mahmud, K., Town, G. E., Morsalin, S., & Hossain, M. J. (2018). Integration of electric vehicles and management in the internet of energy. Renewable and Sustainable Energy Reviews, 82, 4179-4203.