

THE EVOLUTION OF ROAD SAFETY SYSTEMS¹⁴

Eng. Metodiy Steliyanov, PhD Student

Department of Transport,

“Angel Kanchev” Univesity of Ruse

Phone: (+359) 0876 308 849

E-mail: metodiy@abv.bg

Assoc. Prof. Daniel Lyubenov, PhD

Department of Transport,

“Angel Kanchev” Univesity of Ruse

Tel.: (+359) 082 888 605

E-mail: dliubenov@uni-ruse.bg

Abstract: This scientific paper examines the transition between Driver-Vehicle-Road (DVR) model to the improved Human-Machine-Environment (HME) system. This evolution is considered to be fundamental shift in road safety management, which is driven by technical improvements and the necessity for more integrated approach to traffic management. The DVR paradigm, which declares the human to be in control over traffic safety, has advanced into the HME strategy, that integrates the automation and real-time environmental monitoring. This paper illustrates the fundamental advantages of HME, such as improved road safety and increased transportation efficiency. It also looks at the practical complications of this transformation, with a focus on linked automobiles, ITS systems, and machine-assisted decision-making. The results of this study contribute to the ongoing discussion about contemporary road safety systems such as Vision Zero, Strada Sigura, Safe System, etc. in Bulgaria.

Keywords: Road Safety, Driver-Vehicle-Road, Human-Machine-Environment, Evolution, Traffic Management, Efficiency, Vision Zero.

ВЪВЕДЕНИЕ

Развитието на концепциите за разбиране и управление на пътната безопасност са ключови аспекти за нейното подобряване. След Втората световна война всяка от сега познатите ни „развити страни“ е икономически изтощена и значително затруднена да задоволи потребностите от стоки и услуги. Въпреки това, тези общества признават необходимостта от разширяване на своята пътна мрежа, за да:

- 1) възстановят икономиките си чрез ефективно транспортиране на стоки и хора;
- 2) възстановят и установят градовете си като икономически центрове – процес, който изисква безопасна и ефективна пътна мрежа;
- 3) възстановят международно сътрудничество и постигнат технологичен напредък.

С това те поставят основата за бъдещ растеж и модернизация, но и допълнителни предизвикателства относно пътната безопасност.

ИЗЛОЖЕНИЕ

Колективната тенденция за автомобилизация, макар и да носи значителни икономически предимства и несъизмерима лекота за потребителите, също така води до сложно множество от проблеми (McKinsey, 2021 & Agriesti at al., 2022). В съответствие с казаното, тези проблеми са актуални и за големите български градове, където се наблюдават голяма част пътнотранспортните произшествия (ПТП), смъртни случаи, имуществени щети, замърсяване на околната среда и бързо влошаващия се проблем с обслужването на потока от транспортната мрежа (Goetz, 2019). Основните фактори допринасящи за тези проблеми са:

¹⁴ Докладът е представен на пленарната сесия на 25 октомври 2024 с оригинално заглавие на български език: ЕВОЛЮЦИЯТА НА СИСТЕМИТЕ ЗА ПЪТНА БЕЗОПАСНОСТ

1. Недостатъчна интеграция между динамиката на транспортния поток (Bachechi, 2022) и пътните и улични мрежи – разминаването между характеристиките на потока и проектирането на пътната инфраструктура (Ding at al., 2019) е дългогодишен проблем, който е силно изразен в по-старите градски райони. За тях е характерно, че пътното строителство е ограничено от съществуващата топография и наличните финансови ресурси на самите общини. Освен това качеството на поддръжката на инфраструктурата ни често е непоследователно, а също така строителството на нови скоростни пътища и магистрали изисква значителни финансови разходи, които Министерство на регионалното развитие и благоустройството трудно осигурява.

2. Взаимодействие между различни категории превозни средства, особено уязвимите участници в движението – споделянето използване на пътищата от различните превозни средства и пешеходците исторически е допринесло за повишен риск и неефективност в управлението на безопасността. В тези случаи обикновено се наблюдават по-високи нива на ПТП и задръствания (Govinda at al., 2022; Baro at al., 2023; Rezwana and Lownes, 2024 & Anderson at al., 1997).

3. Липса на култура на движение (Thomas at al., 2012 & Dunlap at al., 2012) – различните нива на обучение на водачи и липсата на толерантност от участниците в движението допълнително изострят тези предизвикателства, което води до рискови практики при управление МПС и повишени нива на злополуки.

Този тип проблеми са валидни за множество държави, като през годините в международен план са прилагани различни методи за управление на пътната безопасност (Burlacu, 2014), при което се обособяват четирите основни фази (фиг. 1):



Фиг. 1. Проекция на фазите на управление на пътната безопасност върху пътнотранспортния травматизъм в България

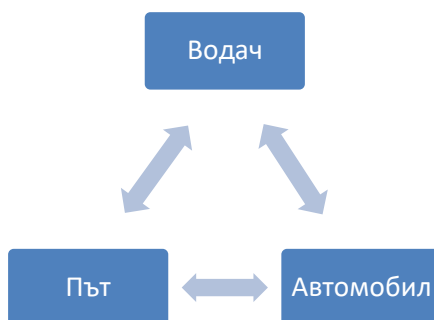
- Фаза 1 – „Жертвата е виновна“;
- Фаза 2 – Системата „Водач - Автомобил-Път“ (ВАП);
- Фаза 3 – Създаване на институционална база;
- Фаза 4 – „Безопасна Система“, „Визия Нула“, „Устойчива безопасност“, „Страда сигура“ и др.

В България създадената държавна институционална база официално е приела концепцията на „Визия Нула“, но въпреки това административните органи все още оперират в парадигмата на традиционно възприетата пътна безопасност (Steliyanov and Lyubenov, 2022), за която е характерен модела ВАП. В следствие се прилага огледалният принцип „Изгради пътя – Образовай водача – Наложил правилата“ и по този начин най-често посочваната причина за пътнотранспортните произшествия остава „По вина на водача“, независимо от състоянието на пътнотранспортната мрежа (фиг. 2), която не се обновява и поддържа регулярно, съгласно вътрешно приетите нормативи и международно признатите добри практики.



Фиг. 2 Град Русе, бул. България, 2024 г. – лош дренаж

Проблемът в този случай е, че системата ВАП не разчита на качествена обратна връзка от потребителите на инфраструктурата, а нуждата за мобилност остава с второстепенно значение. В следствие, на което много често трите основни проблема – интеграция между динамиката на транспортния поток, взаимодействие с пешеходците и култура на движение остават не разрешени в България. Причината разбира се е в разбиранията – вниманието в тази парадигма е насочено към индивидуалната отговорност на водача, докато пътищата и автомобилите служат като структурна рамка, посредством която се извършва транспорта. При което практически концепцията на първоначалният ВАП модел (фиг. 3) се променя от

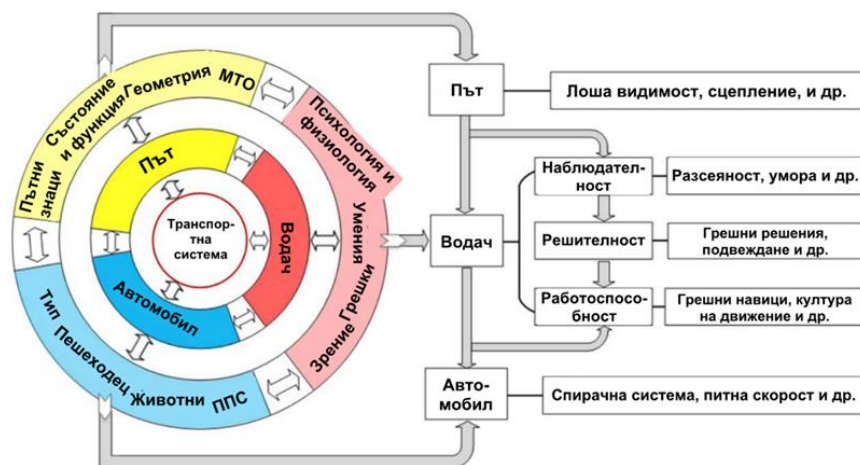


Фиг. 3 ВАП – първоначален модел

идеята за свеждане на произшествията до минимум, за която е нужно: (1) водачите да прилагат по-голяма предпазливост, (2) автомобилите да предоставят подобрени характеристики за безопасност и (3) правилно поддържане на пътищата до нейното настоящо състояние „Водач-Автомобил- Прилагане на правила“ (или ВАПп).

Необходими са допълнителни въздействия относно ограничението ѝ да вземе предвид сложността на човешкото поведение и мащабната система, в която се извършва управлението на различните видове ПС. Въпреки това, трябва да бъде признато, че с въвеждането си през 60-те години системата ВАП значително подобрява пътната безопасност (ПБ) чрез насърчаването на по-обединен подход. Но присъщата ѝ тематична сложност обосновава необходимостта от постоянно приспособяване към нововъзникващите технологии и динамичните условия на околната среда.

В чужбина, с течение на времето и натрупването на опит, развитите страни разпознават тези дефицити на системата ВАП, с което започва нейното усъвършенстване (фиг. 4) и надграждане. Започва да се обръща задълбочено внимание в три основни направления – фактори на водача (отвъд ниво на обучение и спазване на нормативите), фактори,



Фиг.4 Усъвършенстван ВАП модел с пример за междueleментни връзки

свързани с други участници в движението и фактори на пътната среда (Wang et al., 2015). Движението на всеки тип ПС се разглежда, като вариация на системата „Човек – Машина – Среда“ (ЧМС). Всъщност, тази еволюция на ВАП е напълно естествена и е основополагаща за развитието на модерните разбирания за ПБ, което настъпва с третата фаза на управление на ПБ през 80-те години.

Концепцията ЧМС крие своите корени основно в академичните дисциплини управление на системите и ергономия. Практическото въвеждане на системата ЧМС се прави в авиационната индустрия (Wiener, 1988) и военните изследвания, където сложните системи изискват да са неразделни от човека (Wickens at al., 2021), механичните системи и факторите на околната среда, с цел гарантиране на безопасност и ефективност. Стремeжа е към разбиране на взаимодействието между пилотите (човешки същества), самолетите (механични устройства) и оперативните обстоятелства (фактори на околната среда). Авиационната индустрия, още през Втората световна война, признава значението на функцията на човешкия оператор в по-широка система, която включва усъвършенствано технологично оборудване (самолет) и фактори на околната среда – време, въздушно пространство, и т.н. (Xie at al., 2023; Cannon, 1994, De Winter and Dodu, 2014). Пълното интегриране на тези принципи в ПБ това става неоспорим факт през 90-те години с въвеждането на концепцията „Безопасна Система“, в която трансформацията (табл. 1) на ВАП в ЧМС става възлова.

Таблица 4. Ключови елементи на еволюция на ВАП в ЧМС

ВАП	ЧМС
Водач – отделния водач е носител на основната отговорност за ПБ. Акцентира се върху образованието, обучението и отговорността му.	Човек – водачите не се разглеждат като изолирани участници, а се разглеждат като част от системата, която се влияе от външни фактори (пътни условия, автоматизация на превозните средства и закони за движение).
Автомобил – въвеждане на технологични подобрения в МПС (предпазни колани, въздушни възглавници и др.).	Машина – въвеждане на системи за подпомагане на водача в МПС. Превозните средства все повече „комуникират“ с водачите и заобикалящата ги среда, като използват сензори и данни за подобряване на безопасността.
Път – състоянието и геометричните характеристики на пътищата се разглеждат като критични за намаляване на ПТП, което води до акцент върху поддръжката и пътищата.	Околна среда – въвеждат се са нови фактори за цялостно разбиране на безопасността на пътните условия (основни характеристики на потока, метеорологични условия, съвременна инфраструктура адаптира към и смекчаване на рисковете от и при ПТП).

Чрез въвеждането на тези допълнения в системата ВАП и въвеждането на ЧМС, развитите страни положиха основите на революцията в съвременните технически системи за управление на ПБ. Този съществен напредък позволява събиране и обработка на данни в реално време и приложение на автоматизация, интелигентни транспортни системи и директна комуникация

между автомобилите с цел ефективно транспортиране на стоки и хора. Като тази нова реалност ще наложи еволюция и в ролята на водача, където тя ще придобие нов контекст:

- Функцията му ще премине от управляваща и контролираща МПС при ВАП към мониторинг спрямо поведението на автомобила при ЧМС. По този начин ще се намали когнитивното натоварване на водача при рутинни ситуации и ще се увеличи неговата работоспособност;

- Водачът ще си сътрудничи с интелигентните системи на автомобила, вместо да се справя самостоятелно с всички отделни елементи на управлението на МПС. Той ще разбира и ще се доверява на технологиите за автоматизация на автомобила;

- Водачът ще се адаптира към новите протоколи за ПБ и да поеме отговорност върху решението кога да включи или изключи автоматизираните системи.

Въпреки, че технологията намалява вероятността от грешки и независимо от нивото на автоматизация, което по естествен път настъпва със системата ЧМС, водача ще продължи да носи цялостната отговорност за безопасността, както на пътниците, така и за цялостното поведение на автомобила.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Надграждането на модела ВАП чрез системата ЧМС отбелязва съществена реорганизация в подхода към безопасността на пътя. Тази промяна дава възможност за въвеждане на множество интелигентни транспортни системи, които да играят възлова роля за подобряване, както на безопасността, така и на ефективността на транспортните мрежи. Тези подобрения също така въвеждат нови предизвикателства, което ще изисква координирани и целенасочени усилия между политиците, инженерите и обществеността за контролираната интеграция на тези технологии и пълното отключване на техния потенциал.

REFERENCES

McKinsey & Company. (2021). *Urban transportation systems of 25 global cities: Elements of success*. <https://www.mckinsey.com/industries/travel-logistics-and-infrastructure/our-insights/infrastructure-technologies-challenges-and-solutions-for-smart-mobility-in-urban-areas#/>

Agriesti, S.A.M., Soe, R.M. & Saif, M.A. (2022). *Framework for connecting the mobility challenges in low density areas to smart mobility solutions: the case study of Estonian municipalities*. Eur. Transp. Res. Rev. 14, 32. <https://doi.org/10.1186/s12544-022-00557-y>

Goetz, R.A. (2019). *Transport challenges in rapidly growing cities: is there a magic bullet?* Transport Reviews, 39:6, 701-705, DOI: 10.1080/01441647.2019.1654201.

Bachechi, C., Po, L. (2022). *Road Network Graph Representation for Traffic Analysis and Routing*. In: Chiusano, S., Cerquitelli, T., Wrembel, R. (eds) *Advances in Databases and Information Systems. ADBIS 2022. Lecture Notes in Computer Science*, vol 13389. Springer, Cham. https://doi.org/10.1007/978-3-031-15740-0_7

Ding, R., Ujang, N., Hamid, H.B. et al. (2019). *Application of Complex Networks Theory in Urban Traffic Network Researches*. Netw Spat Econ 19, 1281–1317. <https://doi.org/10.1007/s11067-019-09466-5>

Govinda, L., Ravishankar, K.V.R. (2022). *A critical review on pedestrian crossing behaviour and pedestrian-vehicle interactions*. Innov. Infrastruct. Solut. 7, 313. <https://doi.org/10.1007/s41062-022-00917-6>

Baro, L., Faria, S., Sousa, E., & Freitas, E. (2023). *Analysis of Pedestrians' Road Crossing Behavior, in Social Groups*. Transportation Research Record, 2678(3), 387-409. <https://doi.org/10.117703611981231180206>

Rezwana, S., Lownes, N. (2024). *Interactions and Behaviors of Pedestrians with Autonomous Vehicles: A Synthesis*. Future Transp. 4(3), 722-745. <https://doi.org/10.3390/futuretransp4030034>

- Anderson R, McLean A, Farmer M, Lee B, Brooks C. (1997). *Vehicle travel speeds and the incidence of fatal pedestrian crashes*. *Accid Anal Prev*. 1997;29(5):667–74
- Thomas, F. D., III, Blomberg, R. D., & Donald L. Fisher, D. L. (2012). *A Fresh Look at Driver Education in America*. (Report No. DOT HS 811 543). Washington, DC: National Highway Traffic Safety Administration.
- Dunlap and Associates, Inc. (2012). *A Fresh Look at Driver Education in America*. Available at: www.nhtsa.gov/staticfiles/ntipdf/811543.pdf
- Burlacu Florentina, (2014). *Influence road characteristics on road safety*, Bucuresti.
- Steliyanov, M., Lyubenov, D. (2022). *Contemporary road safety concepts*. Proceedings of University of Ruse - 2022, volume 61, book 4.3. WED-ONLINE-SSS-TMS-02
- Wang, J. & Wu, J. & Li, Y. (2015). *The Driving Safety Field Based on Driver–Vehicle–Road Interactions*. *IEEE Transactions on Intelligent Transportation Systems*. 16. 1-12. 10.1109/TITS.2015.2401837.
- Wiener, E. (1988). *Human Factors in Aviation* (Vol. 684). Academic Press.
- Wickens, C. D., Helton, W. S., Hollands, J. G., & Banbury, S. (2021). *Engineering psychology and human performance*. Routledge.
- Xie, Y., Zhou, R., & Qu, J. (2023). *Fitts' law on the flight deck: evaluating touchscreens for aircraft tasks in actual flight scenarios*. *Ergonomics*, 66(4), 506-523.
- Cannon, D. J. (1994). *Experiments with a target-threshold control theory model for deriving fitts' law parameters for human-machine systems*. *IEEE transactions on systems, man, and cybernetics*, 24(8), 1089-1098.
- De Winter, J. C., & Dodou, D. (2014). *Why the Fitts list has persisted throughout the history of function allocation*. *Cognition, Technology & Work*, 16, 1-11.