

ОСНОВИ АЛГОРИТМІЧНОГО УПРАВЛІННЯ АВТОМОБІЛЕМ:
ПРОДУКТИВНІСТЬ – БЕЗПЕКА – ЕНЕРГОЕФЕКТИВНІСТЬ

Хабутдінов А.Р., ДП «ДержавтотрансНДІпроект» Київ, Україна

THE BASES OF ALGORITHMIC DRIVING:
PRODUCTIVITY – SAFETY – ENERGY EFFICIENCY

Khabutdinov A.R., DerzhavtotransNDIproekt, Kyiv, Ukraine

ОСНОВЫ АЛГОРИТМИЧЕСКОГО УПРАВЛЕНИЯ АВТОМОБИЛЕМ:
ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТЬ – БЕЗОПАСНОСТЬ – ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОСТЬ

Хабутдинов А.Р., ДП «ДержавтотрансНДІпроект», Киев, Украина

Постановка завдання. Для системного вирішення актуальної проблеми комплексного підвищення рівня безпеки та енергоефективності транспортних процесів в умовах транспортно-операторної експлуатації автотранспортного засобу (КТЗ) потрібні такі теорія і методи управління КТЗ, які дозволяють забезпечувати технологічну успішність транспортних операцій (ТУТО) [1]. Такі операції відповідають комплексу трьох вимог «продуктивність – траєкторна безпека – енергоефективність». Процес технологічно успішного управління КТЗ має враховувати наступні чинники водіння: ергатичні (людино-машинні) властивості мікросистеми «Водій-автомобіль» (МСВА); рівень інформаційної складності ділянки траєкторії КТЗ (ДТА); структури трудових і машинних процедур водіння; кінематичні та енергетичні характеристики руху КТЗ як об'єкта управління рухом у складі МСВА; комплексність мети управління КТЗ як елемента МСВА (продуктивність (П) - траєкторна безпека (Б) - енергоефективність (Е)); тенденцію оснащення нових КТЗ бортовими комп'ютерними системами контролю параметрів кінематики та енергетики руху КТЗ. Для забезпечення технологічно-успішного управління необхідно використовувати спеціальний алгоритм обліку та узгодження вищезазначених факторів. Подібний алгоритм являє собою сукупність правил і приписів для виконання комплексу процедур водіння відповідно до логіки забезпечення ТУТО на ДТА з урахуванням факторів водіння і властивостей МСВА. При використанні цього алгоритму формується алгоритмічний спосіб управління КТЗ. На практиці трансператорної експлуатації КТЗ і при навчанні водія використовується більш простий спосіб управління КТЗ- дискретно-сигнальний (DSD) і позначається як DSD - управління (discrete-signal driving). Цей метод заснований на сприйнятті водієм сигналів безпеки або небезпеки на ділянках доріг перед КТЗ, що рухається. Водій безпосередньо реагує на ці сигнали і змінює темп руху КТЗ в той момент, коли виявляє їх (сигнали).

Основна частина. Аналіз досвіду роботи водіїв показує що метод DSD-управління досить надійний тільки в умовах низького рівня інформаційної складності ДТА і невисоких темпів руху. Він не вимагає від водіїв високої розумово-вольової напруги, а також процедур передбачення дорожньо-транспортної обстановки. Недоліки дискретно-сигнального методу DSD- управління КТЗ є: а) ненадійність в забезпеченні безпеки транспортної операції в умовах середньої і високої інформаційної складності ДТА, про що свідчать дані статистичних аналізів впливу водія на аварійність [2]; б) метод DSD-управління забезпечує тільки необхідний базовий рівень успішності водіння, а саме, безпечно-успішну транспортну операцію (БУТО) виходячи з однієї вимоги - забезпечення траєкторної безпеки; в) метод DSD не забезпечує комплекс вимог ТУТО (продуктивність - траєкторна безпека - енергоефективність); в) не враховується комплекс чинників водіння, який представлений вище; г) не враховуються регуляторні функції МСВА (залежності характеристик кінематики та енергетики КТЗ від параметрів управління КТЗ як об'єкта управління рухом), а також можливості бортових комп'ютерних систем обліку та контролю параметрів руху КТЗ; д) не забезпечується рівневе підвищення про-

фесійної майстерності водія, так як останній удосконалює процедури водіння емпірично (методом проб і помилок); е) не дозволяє враховувати рівень професійної майстерності водія при оплаті праці водія, що виключає застосування економічних методів вирішення проблеми трансператорної експлуатації КТЗ [3].

Для комплексного забезпечення технологічно-високого рівня управління КТЗ виходячи з двох (П і Б) і трьох (П, Б, Е) вимог необхідно використовувати процедури алгоритмічного управління КТЗ (АУА). Причому, можуть мати місце два варіанти АУА: ситуативний (САУА) [1,3] і ризико-регулятивний (РРАУА) [4,5]. Перший варіант - САУА використовується на ділянках траєкторії КТЗ (ДТА) з низьким рівнем інформаційної складності і з явними ознаками локально-траєкторних небезпек (ЛТО). Другий варіант РРАУА використовується на ДТА з середнім і високими рівнями інформаційної складності, а також з явними або неявними ознаками ЛТО, які обумовлюють стан інформаційної невизначеності ДТА. Обидва варіанти алгоритмічного управління САУА і РРАУА дозволяють формувати всі три рівня успішності транспортної операції: а) перший, безпечно-успішний (БУТО), виходячи з Б-вимоги; б) другий, функціонально-успішний (ФУТО), виходячи з двох вимог П і Б; в) третій, технологічно-успішний (ТУТО), виходячи з трьох вимог П-Б-Е.

Для повнішої характеристики алгоритмічного управління КТЗ сформульовані основні атрибути алгоритмів: а) ідея забезпечення траєкторної безпеки МСВА в будь-яких за рівнем складності транспортних операціях, при цьому стан безпеки дорожнього руху є наслідком масової прояви цієї ідеї в будь-яких транспортних операціях і у всіх елементах транспортного потоку; б) можливість використання двох способів оцінки інформаційного стану ДТА-ситуативно-визначеного (для ділянок з низьким рівнем складності) і сигнально-нечіткого (для ділянок із середнім і високим рівнями складності); в) реалізація двох видів процедур водіння - темпової адаптації до локально-траєкторних ситуацій (ЛТС) (в умовах визначеності ДТА) і темпової мінімізації локально-траєкторних ризиків (ЛТР) водіння (в умовах невизначеності ДТА); г) реалізація дистанційно-випереджальних трудових процедур водіння; д) можливість формування трьох рівнів цілей управління КТЗ- БУТО, ФУТО і ТУТО з урахуванням виявлення (або не виявлення) сигналів небезпек на ДТА; е) облік взаємозв'язку керуючих впливів на КТЗ (трудова моторних процедур Π_{T5}) з кінематико-енергетичними результатами управління (CERDA), тобто зв'язку « $\Pi_{T5} \rightarrow CERDA$ »; ж) реалізація успішної транспортної операції (ТУТО) відповідно до поставленої мети (БУТО, ФУТО або ТУТО).

На основі цих атрибутів сформульовані п'ять правил алгоритмічного управління КТЗ:

1. Для забезпечення успішності транспортних операцій в загальному випадку вибираються два різні способи управління КТЗ (дискретно-сигнальний DSD і алгоритмічний AD).

2. На складних ділянках траєкторії руху КТЗ (ДТА) використовується тільки алгоритмічне AD-управління, при цьому можуть бути реалізовані два його варіанти: ситуативний (S) і ризико-регулятивний (R) алгоритми управління КТЗ, в яких формуються три рівні цілей управління (БУТО, ФУТО або ТУТО).

3. При алгоритмічному AD - управлінні КТЗ реалізуються дистанційно-випереджаючі процедури темпової адаптації до ситуацій або темпової мінімізації ризиків водіння.

4. Процес алгоритмічного управління КТЗ складається з трьох етапів: а) інформаційної підготовки успішних операторних рішень (ИПУОР) на певних дистанціях до небезпек; б) використання механізмів успішного водіння МПВА з ситуативними або ризико-регулятивними алгоритмами; в) реалізації успішної транспортної операції на ДТА.

5. Для реалізації тривірневих цілей алгоритмічного управління КТЗ використовуються причинно-наслідкові зв'язки механізму водіння: «керуючі впливи \rightarrow кінематико-енергетичні результати управління» - ($\Pi_{T5} \rightarrow CERD$).

6. Бортова комп'ютерно-інформаційна система навчальних КТЗ повинна забезпечувати розрахунок і візуалізацію показників транспортної енергоефективності КТЗ і ризиків водіння, надалі такою системою можуть бути обладнані всі КТЗ.

Виявлено, що на ДТА з низьким рівнем інформаційної складності можуть бути реалізовані чотири види ситуативного управління [1]: S1 - управління в безпечних ситуаціях з домінантною установкою - продуктивність (П); S2- управління в переднебезпечних ситуаціях з альтернативними установками П або Б (траєкторна безпека); S3 - управління в небезпечних ситуаціях з домінантною Б-

установкою; S4- управління в критичній ситуації з доміантною Б- установкою і з реалізацією режимів екстреного гальмування КТЗ. На ділянках із середніми або високими рівнями інформаційної складності, в яких водій фіксує стан невизначеності ДТА, ним можуть бути реалізовані три види ризико-регулятивного управління КТЗ [3,4]: R1 - темпова мінімізація контрпродуктивних і анергічних ризиків водіння при відсутності візуальних ознак локально-тракторних небезпек (ВОЛТН) в зоні видимості ДТА; R2- почергова темпова мінімізація двох альтернативних ризиків водіння (контрпродуктивних або сенсорно-темпових) у випадках виявлення неявних візуальних ознак локально-тракторних небезпек (ВОЛТН), при цьому допускаються контроль і мінімізація третього виду ризику – анергічного ризику водіння; R3- темпова мінімізація інцидентних ризиків водіння з наступним переходом до управління виду R1.

Таким чином встановлено сім варіантів алгоритмічного управління (S1, S2, S3, S4, R1, R2, R3) КТЗ при різних рівнях інформаційної складності ДТА. Схема взаємозв'язку вибору видів алгоритмічного управління з стану ДТА показана на рис.1. По лініях зв'язку цієї схеми можна бачити, що шляхом вибору одного з семи видів алгоритмічного управління водій може забезпечити досягнення одного з трьох рівнів цілей управління (БУТО, ФУТО, ТУТО) при різних інформаційних станах ДТА. Загальною ознакою для алгоритмів S_i та R_j ($i \in (1,4)$; $j \in (1,3)$) є те, що вони виходять з двох передумов: а) вибору дистанції d_0 випереджальних процедур водіння до наступної ділянки траєкторії КТЗ, в якому можуть бути ЛТН; б) реалізації основних установок водіння на ділянці, тобто відповідності вимогам П, Б або Е.

Представлена на рисунку 1 схема є варіантною і універсальною. Правильний вибір способу управління та варіанту алгоритмічного управління дозволяє забезпечити успішність транспортної операції при будь-яких інформаційних станах ділянки траєкторії дороги. На основі цієї схеми можлива формалізація процедур технологічно-успішного водіння КТЗ для вирішення завдань навчання водія та підвищення його професійної майстерності, а також задач розробки спеціальної бортової системи забезпечення технологічно-успішної праці водія.

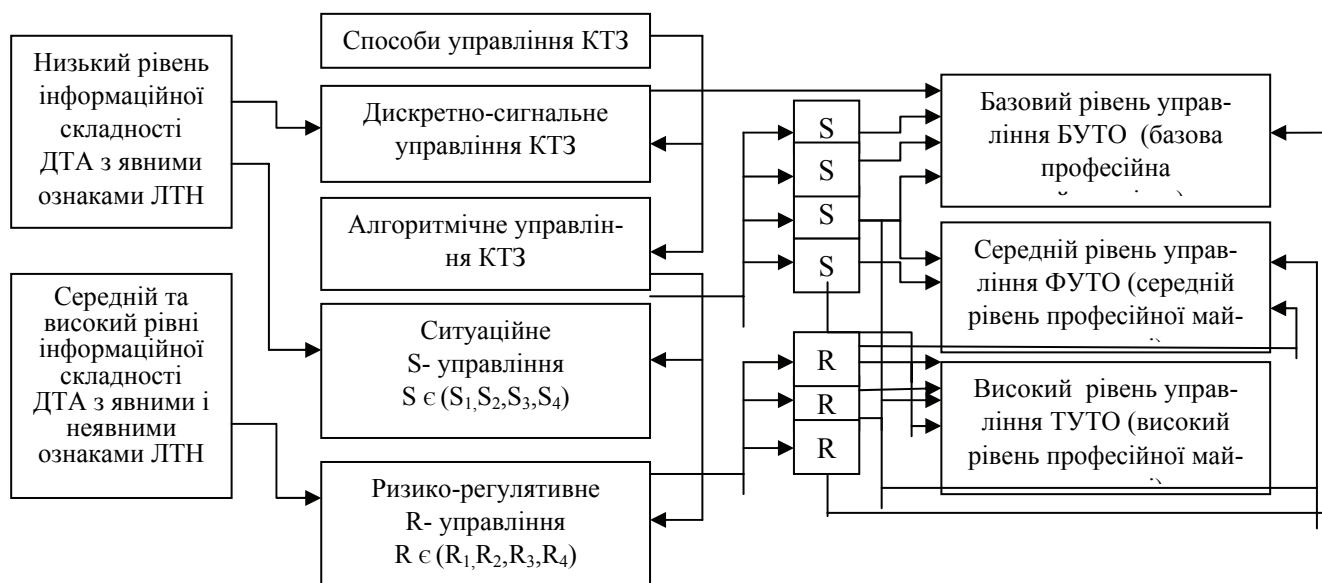


Рисунок 1 – Схема відповідності вибору способу управління і варіантів алгоритмічного управління КТЗ інформаційному стану ділянки траєкторії КТЗ (ДТА) з урахуванням рівня успішності транспортної операції та рівня професійної майстерності водія, що досягаються.

Висновки. 1. Встановлено, що існують два способи управління автомобілем: дискретно-сигнальний і алгоритмічний. Перший спосіб забезпечує безпечно-успішну транспортну операцію в умовах низького рівня інформаційної складності ділянок траєкторії автомобіля і при невисоких темпах руху. Другий спосіб дозволяє при будь-яких рівнях складності ділянки траєкторії автомобіля за-

безпечувати всі три рівня успішності операції: безпечно-успішний, продуктивно-успішний і технологічно-успішний виходячи з комплексу вимоги «продуктивність – безпека – енергоефективність». 2. Встановлені два види алгоритмічного управління КТЗ - ситуативний і ризико-регулятивний, а також сім їх варіантів. 3. Встановлені: правила алгоритмічного управління КТЗ; структура процесів такого управління; схема відповідності вибору способу управління та варіантів алгоритмічного управління КТЗ інформаційному стану ділянки траєкторії КТЗ (ДТА) з урахуванням досягнутого рівня успішності транспортної операції та рівня професійної майстерності водія. 4. Вимога забезпечення технологічної успішності транспортної операції є основною умовою операторної діяльності водія в будь-яких дорожньо-транспортних умовах руху. У зв'язку з цим алгоритмічний метод реалізації безпечно-успішної транспортної операції (як першого рівня успішності водіння) може бути покладений в основу транспортного фактора забезпечення безпеки дорожнього руху.

Позначення: ЛТН- локально-траєкторні небезпеки; БУТО, ФУТО і ТУТО - три рівня успішності транспортної операції; S1, S2, S3, S4 - варіанти ситуаційного алгоритму управління КТЗ; R1, R2, R3, R4 - варіанти ризико-регулятивного управління КТЗ.

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Петрашевський О.Л., Хабутдінов А.Р. Научно-методические основы риско-регулятивного повышения безопасности и энергоэффективности автомобильного движения // Проблемы транспорта: Зб. наук. праць.–Київ: НТУ.– Вип. 6.– С 60-64.
2. Сараєв О. В. Аналіз сучасних показників дорожньо-транспортних пригод.–Х.:Вісник ХНАДУ.–2013.–Вип.63.–с.101-106.
3. Хабутдінов А.Р. Ризико-регулятивна модель швидкості руху автомобіля// Управління проектами, системний аналіз і логістика.– К.: НТУ.–2010.– Вип. 7. С. 60-63.
4. Хабутдінов А.Р. Правила, принципи і науково-методичні основи управління автомобілем з урахуванням траєкторних ризиків.– К.: Вісник НТУ.–2013.– Вип. 28. С. 477-482.
5. Петрашевський О.Л., Хабутдінов А.Р. Метод ризико-регулятивного забезпечення технологічної успішності рухових операцій автомобільних перевезень.– К.: Вісник НТУ.–2012.– Вип. 26. С. 243-247.

REFERENCES

1. Petrashevski O.L., Khabutdinov A.R. Scientific and methodological basis of risk- regulatory providing safety and traffic efficiency / / Problems of Transport: Collection of scientific papers.–Kiev: NTU.– Vol. 6.– P 60-64. (Ukr)
- 2.Saraev O.V. Analysis of the modern indicators of road accidents// Harkov.– 2013.– Visnyk HNADU.–Vol.63.–P.101-106. (Ukr)
3. Khabutdinov A.R. Risk-regulation model of rate of movement of car// Project management, systems analysis and logistic. – Kyiv.— NTU.—2010.– Vol. 7. p. 60-63. (Ukr)
4. Khabutdinov A.R. The rules, principles and scientific-methodological bases of the driving taking into account the risks of trajectory// Kyiv.– Visnyk NTU.– 2013.– Vol. 28.–С. 477- 482. (Ukr)
5. Petrashevski O.L., Khabutdinov A.R. Method risk-regulatory ensuring of technologically-succesful operations of road transportations// Kyiv.– Visnyk NTU.– 2012.- Vol. 26.– P. 243-247. (Ukr)

РЕФЕРАТ

Хабутдінов А.Р. Основи алгоритмічного управління автомобілем: продуктивність-безпека-енергетична ефективність / А.Р. Хабутдінов // Вісник Національного транспортного університету. Серія «Технічні науки». Науково-технічний збірник. – К. : НТУ, 2015. – Вип. 1 (31).

В статті представлені два способу управління автомобілем: дискретно-сигнальний і алгоритмічний. Перший спосіб забезпечує безпечно-успішну транспортну операцію в умовах низького рівня інформаційної складності ділянок траєкторії автомобіля і при невисоких темпах руху. Другий спосіб дозволяє при будь-яких рівнях складності ділянки траєкторії автомобіля забезпечувати всі три рівня успішності операції: безпечно-успішний, продуктивно-успішний і технологічно-успішний виходячи з комплексу вимоги «продуктивність – безпека - енергоефективність». Встановлені: два види алгорит-

мічного управління КТЗ - ситуативний і ризико-регулятивний, а також сім їх варіантів; правила алгоритмічного управління КТЗ; структура процесів такого управління; схема вибору способу управління і варіантів алгоритмічного управління КТЗ.

Об'єкт дослідження - процеси управління автомобілем з урахуванням реалізації двох способів: ситуативного і алгоритмічного.

Мета роботи - формування правил і варіантів управління КТЗ для забезпечення технологічної успішності водіння (продуктивності, траєкторної безпеки і енергоефективності) з урахуванням інформаційного стану ділянки траєкторії руху.

Метод дослідження - теоретичний аналіз процедур і алгоритмів успішного управління автомобілем в складних умовах руху з використанням алгоритмів адаптації до ситуацій та мінімізації локально-траєкторних ризиків.

Результати статті можуть бути використані для проведення спеціального навчання водіїв управлінню КТЗ в ускладнених умовах руху, а також при розробці спеціальної бортової системи забезпечення технологічно-успішної праці водія.

КЛЮЧОВІ СЛОВА: АЛГОРИТМІЧНЕ УПРАВЛІННЯ АВТОМОБІЛЕМ, СИТУАТИВНИЙ І РИЗИКО-РЕГУЛЯТИВНИЙ АЛГОРИТМИ, ВИБІР ВАРІАНТІВ АЛГОРИТМІЧНОГО УПРАВЛІННЯ.

ABSTRACT

Khabutdinov A.R. The bases of algorithmic driving: productivity-safety-energy efficiency. Visnyk National Transport University. Series «Technical sciences». Scientific and Technical Collection. – Kyiv: National Transport University, 2015. – Issue 1 (31).

The paper presents two ways to control the car: discrete-signal and algorithmic. The first method provides a safe- successful transport operation in low level of information complexity plots the trajectory of the vehicle and at low rates of movement. The second method allows for any level of complexity plot the trajectory of the vehicle to ensure the success of all three levels of operation: safe- successful, productivity- successful and technologically- successful based on the complex requirements of "productivity - safety - energy efficiency." Established: two types of algorithmic driving - situational and risk regulatory, and seven of their options; algorithmic rules of the driving; structure of the management process; choice of the control circuit and options of algorithmic driving.

The object of research is the processes driving, taking into account the implementation of two ways: situational and algorithmic.

The purpose of the study - the formation of rules and method to ensure the technologically successful of the process of driving (productivity, safety and energy efficiency), taking into account the information state portion of the trajectory of motion.

Method of research - theoretical analysis procedures and algorithms successfully driving in difficult driving conditions using algorithms to adapt to situations and minimize the risk of local-trajectory.

The results of the paper can be used for special training of drivers ATC management in difficult driving conditions as well as the development of a special on-board system of technologically successful works driver.

KEYWORDS: ALGORITHMIC DRIVING, SITUATIONAL AND REGULATORY RISK ALGORITHMS, SELECTION OPTIONS ALGORITHMIC DRIVING.

РЕФЕРАТ

Хабутдинов А.Р. Основы алгоритмического управления автомобилем: производительность-безопасность-энергетическая эффективность / А.Р. Хабутдинов // Вестник Национального транспортного университета. Серия «Технические науки». Научно-технический сборник. – К. : НТУ, 2015. – Вып. 1 (31).

В статье представлены два способа управления автомобилем: дискретно- сигнальный и алгоритмический. Первый способ обеспечивает безопасно-успешную транспортную операцию в условиях низкого уровня информационной сложности участков траектории автомобиля и при невысоких темпах движения. Второй способ позволяет при любых уровнях сложности участка траектории автомобиля обеспечивать все три уровня успешности операции: безопасно-успешный, производительно-

успешный и технологически-успешный исходя из комплекса требования “производительность-безопасность- энергоэффективность”. Установлены: два вида алгоритмического управления автомобилем - ситуативный и риско- регулятивный, а также семь их вариантов; правила алгоритмического управления автомобилем; структура процессов такого управления; схема выбора способа управления и вариантов алгоритмического управления автомобилем.

Объект исследования- процессы управления автомобилем с учётом реализации двух способов: ситуативного и алгоритмического.

Цель исследования - формирование правил и метода управления автомобилем для обеспечения технологической успешности вождения (производительности, траекторной безопасности и энергоэффективности) с учётом информационного состояния участка траектории движения.

Метод исследования – теоретический анализ процедур и алгоритмов успешного управления автомобилем в сложных условиях движения с использованием алгоритмов адаптации к ситуациям и минимизации локально-траекторных рисков.

Результаты статьи могут быть использованы при обучения водителей, при повышении квалификации водителя для работы на сложных маршрутах, при разработке специальной бортовой системы обеспечения технологически-успешного труда водителя.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: АЛГОРИТМИЧЕСКОЕ УПРАВЛЕНИЕ АВТОМОБИЛЕМ, СИТУАТИВНЫЙ И РИСКО-РЕГУЛЯТИВНЫЙ АЛГОРИТМЫ, ВЫБОР ВАРИАНТОВ АЛГОРИТМИЧЕСКОГО УПРАВЛЕНИЯ.

АВТОР:

Хабутдинов Арсеній Романович, магістр, ДП «ДержавтотрансНДІпроект», завідувач відділом безпеки на транспорті, e-mail: akhabutdinov@insat.org.ua, tel. 201-08-35, пр., Перемоги 57, Київ, 03113.

AUTHOR:

Khabutdinov A.R., magistr, DerzhavtotransNDIproekt, Head of Division of Transportation Safety, e-mail: akhabutdinov@insat.org.ua, tel. 201-08-35, avn. Peremogy, 57, Kyiv, 03113.

АВТОР:

Хабутдинов Арсеній Романович, магістр, ДП «ДержавтотрансНДІпроект», заведуючий відділом безпеки на транспорті, e-mail: akhabutdinov@insat.org.ua, tel. 201-08-35, пр., Перемоги 57, Київ, 03113, Україна.

РЕЦЕНЗЕНТИ:

Горбаха Микола Миколайович, канд. техн. наук, директор департаменту безпеки Мінінфраструктури України, тел. моб. 097-313-55-30, К Київ, Україна.

Янішевський Сергій Володимирович, канд. техн. наук, доцент кафедри «Транспортні системи та безпека дорожнього руху», тел. роб.280-48-85; тел. моб. 067-946-28-42, Національний транспортний університет. Київ, Україна.

REVIEWER:

Gorbaha Nikolai, PhD. Sc. Sciences, Director of the Department of Security of the Ministry of Infrastructure of Ukraine, tel. mob. 097-313-55-30, Kyiv, Ukraine.

Yanishvskyuy Sergey, PhD. Sc. Associate Professor, Department "Transport system and road safety", tel. rob.280-48-85; Tel. mob. 067-946-28-42, National transport university, Kyiv, Ukraine.