УДК 656.13

© Р. Н. Сафиуллин, д-р техн. наук, доцент
(Санкт-Петербургский государственный
архитектурно-строительный университет)
E-mail: safravi@mail.ru, 89312555919@mail.ru
© Е. В. Морозов, адъюнкт
(Военная академия материально-технического
обеспечения имени генерала армии А. В. Хрулева)
E-mail: mev521@yandex.ru

DOI 10.23968/1999-5571-2019-16-2-153-160

© R. N. Safiullin, Dr. Sci. Tech., Associate Professor
(Saint Petersburg State University of Architecture
and Civil Engineering)
E-mail: safravi@mail.ru, 89312555919@mail.ru
© E. V. Morozov, adjunct
(General of the Army A. V. Khrulev
Military Logistics Academy)
E-mail: mev521@yandex.ru

ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ СОВЕРШЕНСТВОВАНИЯ ТЕХНОЛОГИИ ЭКСПЛУАТАЦИИ ТЕХНИЧЕСКИХ СИСТЕМ КОНТРОЛЯ ДВИЖЕНИЯ АВТОТРАНСПОРТНОЙ ТЕХНИКИ РАЗЛИЧНОГО УРОВНЯ

THEORETICAL BASICS FOR IMPROVING THE TECHNOLOGY OF TECHNICAL SYSTEMS OPERATION INTENDED FOR MONITORING THE MOVEMENT OF MOTOR VEHICLES AT VARIOUS LEVELS

На основании проведенного исследования определены основы методологического базиса и совершенствование технологии эксплуатации ТСК различного уровня. Рассмотрена задача построения системы оценки эффективности функционирования автоматических информационно-телекоммуникационных систем контроля за движением транспортных средств, позволяющая количественно оценить результативность их применения. Обоснованы перспективные направления формирования контрольных функций при движении транспортных средств на основе использования автоматических систем контроля. Разработана методика по рациональному применению технических средств контроля в области обеспечения мониторинга эксплуатации наземных транспортных средств. Определены критерии эффективности функционирования автоматических информационных систем контроля движения транспортных средств, учитывающие вероятностную природу системообразующих факторов, используемых для построения этих оценок.

Ключевые слова: технические системы контроля движения автотранспортной техники, оценка эффективности, автоматические информационно-телекоммуникационные системы, методика.

On the basis of the carried out research, there have been determined the fundamentals of methodological basis and improvement of telecommunication system control operation of different levels. The authors consider the problem of constructing a system for evaluating the effectiveness of automatic information and telecommunication systems control of the traffic, which allows quantifying the effectiveness of applying these vehicles. Perspective directions of forming the control functions at movement of vehicles on the basis of using automatic control systems are substantiated. There has been developed a technique for the optimal use of technical means of control in the field of monitoring the operation of land vehicles. There have been determined the criteria of the operating efficiency of the automatic information and telecommunication systems of control of vehicle traffic taking into account the probabilistic nature of system-forming factors used for constructing them.

Keywords: technical systems for monitoring the movement of motor vehicles, performance evaluation, automatic information and telecommunication systems, technique.

Новая научно-техническая революция существенно меняет нашу повседневную жизнь, которая практически изменяет природу человека, нейроинтерфейсы и искусственный интеллект [1]. В рамках реализации проекта «Россия будущего: 2017–2035» Центром стратегических

разработок (ЦСР) совместно с Министерством экономического развития РФ обозначены основные задачи по проведению научных исследований в различных отраслях промышленности, а также в области информационного обеспечения автотранспортных средств, решения вопро-

сов безопасности, связанные как с движением самих транспортных средств, так и с получением необходимой информации о них. При этом главными вопросами являются мониторинг и управление на основе получения необходимых сведений о транспорте. Решение этих задач обеспечивает требуемую мобильность населения за счет внедрения технологий организационного управления транспортным комплексом с использованием современных информационно-телекоммуникационных и телематических систем. В последнее время основное внимание было сконцентрировано на совершенствовании технических возможностей [1] автомобиля, в котором важную роль играет проблема управления автомобилем водителем [1]. Технологические инновации в области контроля движения автомобильного транспорта помогут повысить эффективность, производительность и безопасность транспорта, уменьшить его негативное влияние.

Технические системы контроля (ТСК) движения транспорта — дорожные камеры и датчики — обеспечивают эффективное управление инфраструктурой за счет обнаружения заторов и дорожных работ, посылая автомобилистам предупреждения, и повторно выстраивая маршруты. Это способствует сокращению времени в пути, уменьшает количество потребляемого топлива и энергии, а также позволяет более эффективно использовать существующую инфраструктуру. Сочетание информации и контроля способствует образованию у большинства владельцев транспортных средств (ТС) положительного отношения к безопасности движения и критического отношения к поведению тех, кто создает риск ДТП для себя и других [2]. Установлено, что при отсутствии хотя бы одного из компонентов модель поведения [3] водителя ТС изменить невозможно, а значит, возникает необходимость применения технических средств контроля движения [3].

Основная часть

На основании проведенного исследования [1–16] разработаны методологические основы и предложения по рациональному применению и совершенствованию технических средств контроля движения автомобильного транспорта. Отсутствие единых требований и стандартов к

используемым комплексам и создаваемым системам приводит к путанице в понятиях и к появлению оборудования, а вместе с этим и программного обеспечения сомнительного качества и функционала [2, 4].

В современных условиях на должном уровне необходимо обеспечить эффективную реализацию систем контроля движения для обеспечения управляемости транспортных средств, снижения аварийности, сохранения жизни и здоровья участников дорожного движения и свести в единую концепцию, направленную на совершенствование функционирования технических средств контроля движения на основе оценки их эффективности. Кроме того, разработать и принять четкие критерии оценки корректности работы системы, выявления ошибок измерений и отбраковки материалов [4, 5] контроля. Формирование основ методологического базиса и совершенствования технологии эксплуатации ТСК различного уровня позволит обосновать концептуальный подход и сформировать единую базовую платформу, опираясь на которую можно будет построить эффективную систему [5] управления автомобильным транспортом.

В процессе исследования проанализированы положительные результаты и предлагаются варианты решения выявленных проблем [2] (рис. 1) на основе разработанной функциональной схемы научно-методических исследований по совершенствованию технических систем контроля движения автомобильного транспорта [6].

Особую значимость получили вопросы, связанные с разработкой критериев оценки управления структурами и организациями, обеспечивающими функционирование ТСК на основании базовых принципов и положений теории принятия решений. Алгоритм принятия решений по эффективному применению систем управления ТСК улично-дорожной сети [6] представлен на рис. 2.

Приведенная последовательность выполняемых мероприятий позволяет обеспечить оптимальные решения по эффективному применению систем управления ТСК улично-дорожной сети на основе критериального подхода. В результате оценки эффективности разрабатываются направления [5] по совершенствованию систем контроля движения транспортных средств.

Рис. 1. Функциональная схема научно-методических исследований по совершенствованию технических систем контроля движения автомобильного транспорта

Рис. 2. Алгоритм принятия решений по эффективному применению систем управления ТСК

Методика. Одним из главных показателей перехода на новый уровень в развитии ТС является всеобщее внедрение постоянного контроля за функционированием машин и условиями их эксплуатации [4]. Практика постановки научно-технических задач и принятия управленческих решений [4] в исследуемой предметной области свидетельствует о необходимости учета иерархичности структуры дорожно-транспортных систем и реализуемых в них технологий, переменчивости во времени характеристик улично-дорожной сети, технических параметров парка [4] ТС и, как правило, вероятностной природы условий их функционирования [7–9].

В соответствии с системной методологией ТСК целесообразно представить как пересечения следующих систем:

- технологической структуры (инфраструктурного объекта);
- технологической системы изготовления (сборки);
- системы «инфраструктурный объект – операторы»;
- системы технической эксплуатации и ремонта;

- системы «инфраструктурный объект – окружающая природная среда»;
- системы «инфраструктурный объект – транспортное средство».

Для оценки эффективности функционирования технических систем контроля в дорожно-транспортной сфере при их взаимодействии с объектами i -й системы целесообразно использовать критерий [10–13]

$$K_{\Sigma i} = \frac{\{\mathcal{E}(+)_{ij}\}, \{H_{\Sigma ij}\}}{\{3_{cij}\}, \{\mathcal{E}(-)_{ij}\}}, \quad (1)$$

где $\{\mathcal{E}(+)\}$, $\{\mathcal{E}(-)\}$ — сочетание положительных и отрицательных эффектов от функционирования комплекса [13] на рассмотренном этапе.

С системной точки зрения положительный эффект $\{\mathcal{E}(+)\}$ характеризуется совершенствованием систем контроля движения транспортных средств, а отрицательный — снижением уровня контроля движения транспортных средств; 3_c — совокупность затрат системы на функционирование комплекса и поддержание его в технически исправном состоянии, приведенная к форме экономического показателя; H_{Σ} — совокупность видов энтропии системы, нейтрализуемой ТСК,

приведенной к форме экономического показателя.

В подобных задачах под энтропией подразумевается процесс расходования энергии, например, затраты живого труда, амортизация техники и т. д. информации (в нашем случае — это ущерб, связанный с дорожно-транспортным происшествием).

В приведенных выше системах критерии 1–4 соответствуют сравнительным показателям качества функционирования рассматриваемой ТСК в дорожно-транспортной сфере. Остальные критерии (4 и 5) носят регламентный характер в качестве соответственно показателей экологической (5) и эстетической (6) целесообразности.

Задача оценки эффективности функционирования ТСК многокритериальная. Для ее решения очень часто используется методика, предусматривающая ранжирование всех представленных критериев. В данной постановке важность каждой задачи должна определяться по степени ее воздействия на общество (повышением уровня безопасности дорожного движения) и оцениваться объективным показателем — рангом влияния j -го частного направления оптимизации относительно наиболее приоритетного варианта (C_1) — R_{S_j/C_1} .

Тогда эффективность использования ресурса оптимизации (не хуже, чем принято) и эстетической (соответствие комплексов действующим нормам) целесообразности можно оценить зависимостью

$$f_{01r,\Sigma} = \left\{ \begin{array}{l} \sum_{i=1}^{n_{TK}} \left[K_{эфC_1} \rightarrow \left\{ 1 - \sum_{j=2}^4 R_{SC_j/C_1} \right\} (\max_{C_1}) \right] \\ K_{эфC_2} \rightarrow R_{SC_2/C_1} (\max_{C_2}) \\ \sum_{i=1}^{n_{оп}} \left[K_{эфC_3} \rightarrow R_{SC_3/C_1} R_{\alpha C_3} (\max_{C_3}) \right] \\ K_{эфC_4} \rightarrow R_{SC_4/C_1} (\max_{C_4}) \end{array} \right\}. (1)$$

Здесь n_{TK} , $n_{оп}$ — соответственно число каналов связи с функциональными объектами и операторами; $R_{\alpha C_i}$ — показатель, характеризующий эффективность использования оптимизационного ресурса в i -м направлении.

В качестве оптимизационных ресурсов рассматриваются различные схематические решения, предусматривающие использование различных ТСК, выбор места дислокации и т. п.

Ранг социального влияния i -го направления (уровень снижения аварийности) оптимизации определяется следующей зависимостью:

$$R_{SC_i} = \frac{N_{SC_i} \eta_{SC_i}}{N_{SC_1} \eta_{SC_1}}, \quad (3)$$

где N_{SC_i} — количество социальной группы, подверженной влиянию уровня эффективности i -го функционирования ТСК; η_{SC_i} — удельная доля влияния на интересы члена социальной группы уровня эффективности i -го функционирования системы

$$\eta_{SC_i} = \frac{V_{\Delta K_{эфC_i}}^j}{\sum V^j}, \quad (4)$$

где j — определяющий фактор воздействия (экономический, социальный и т. д.); $\sum V^j$ — совокупность воздействий по снижению аварийности при реализации j -х мероприятий (например, за год).

Указанные воздействия реализуются через экономические показатели: $V_{\Delta K_{эфC_i}}^j$ — объем воздействий, зависящий от уровня эффективности функционирования системы ТСК; N_{SC_1} — численность социальной группы; η_{SC_1} — удельная доля воздействия технологического воздействия направления оптимизации, для которого $R_{SC_1} = 1$. Удельная доля определяется экспертным опросом специалистов.

При комплексном решении проблемы снижения неблагоприятного воздействия ТС, осуществляющих перевозки на основе создания трехуровневых оптимизационных моделей, необходима единая база данных, сформированных в понятиях предметной области на каждом уровне процесса перевозки, обеспечивающая возможность системного анализа развития ситуации на дорожной сети, — серверный центр снижения неблагоприятного воздействия автотранспортных средств, мониторинг технологического процесса перемещения грузов автомобильным транспортом.

Для снижения неблагоприятного воздействия автотранспортных средств, осуществляющих перевозки, предложено создание в составе информационной транспортной системе (ИТС) единой базы данных — серверного центра снижения неблагоприятного воздействия автотранспортных средств мониторинга автомобильных перевозок (СЦНВ АП) (рис. 3).

СЦНВ АП должен обеспечить возможность сбора обобщенной информации, ее формирования в понятиях предметной области трех уровней перевозочного процесса АТС и системного анализа ситуации на УДС. Сбор информации для СЦНВ АП как компонента интеллектуальной [14] транспортной системы может выполняться по данным периодических проверок технического состояния АТС, по результатам оперативного мониторинга состояния транспортной инфраструктуры на магистралях передвижными лабораториями, при получении и продлении лицензии на маршрут, контроля перевозок АТС на маршрутах по локальной ТСК [14]. Для приема и архивирования информации, моделирования сценариев развития ситуаций на УДС также могут быть использованы различные информационные технологии [14].

Накопление таких данных — острая необходимость для выполнения многих видов транс-

портного планирования. Оно позволит повысить обоснованность управленческих решений, в том числе прогнозировать результат введения ориентированных технологий в перевозочный процесс автомобильным транспортом [14].

Выводы

На основании проведенного исследования определены теоретические основы совершенствования контрольных функций за движением автотранспортных средств на основе совместного использования вероятностно-статистического подхода к оцениванию эффективности ТСК с использованием общих принципов системного анализа. В результате совершенствования технологии эксплуатации и функциональных возможностей ТСК может обеспечить:

- 1) полной и достоверной информационной базой, содержащей всю необходимую информацию;
- 2) программно-техническими средствами, предназначенными для сбора, хранения и обоб-

Рис. 3. Структурно-функциональная схема автоматизированной информационной базы данных СЦНВ АП для ИТС

щения информации о дорожно-транспортных происшествиях на УДС, а также и о транспортных средствах, которые осуществили передачу экстренного вызова, обработки информации, передачу данных в автоматизированную информационную систему и другие информационные государственные системы, органам местного самоуправления, должностным, юридическим и физическим лицам;

3) информационной инфраструктурой, принимающей информацию от устройств вызова экстренных оперативных служб, и передачей этой информации в оперативные службы.

Таким образом, технические системы контроля движения при совершенствовании технологий их эксплуатации позволят определить степень дальнейшего развития многоцелевых комплексов автоматического контроля за движением транспортных средств, что в дальнейшем позволит повысить эффективность функционирования наземного транспорта в целом.

Библиографический список

1. Сафиуллин Р. Н., Решетник Е. С. Интеллектуальные системы автоматизированного мониторинга транспортных средств // Воронежский научно-технический вестник. Т. 2, № 2 (24), 2018. С. 90–96.
2. Общественная палата Российской Федерации. Комиссия по проблемам безопасности граждан и взаимодействию с системой судебно-правоохранительных органов. Общественный доклад «О состоянии дел в сфере организации и безопасности дорожного движения в регионах России». Декабрь 2013 г. С. 64.
3. Сафиуллин Р. Н., Керимов А. М., Марусин А. В. Моделирование дорожно-транспортных происшествий с использованием технических средств контроля нарушений ПДД, г. Прага, 22–30 августа 2015 г. // Материалы XI междунар. науч.-техн. конф. Прага: Изд-во «Образование и наука», 2015.
4. Сафиуллин Р. Н. Средства фотовидеофиксации нарушений ПДД: нормативное регулирование и практика применения. Москва: Директ-Медиа, 2016. 355 с.
5. Вишневский В. М., Анализ и исследование методов проектирования автоматизированных систем безопасности на автодорогах с использованием новых широкополосных беспроводных средств и RFID-технологий // Технологии информационного общества. 2012. № 7. С. 48–54.
6. Сафиуллин Р. Н. Интеллектуальные бортовые транспортные системы на автомобильном транспорте: М.; Берлин: Директ-Медиа, 2017. С. 354.

7. Сафиуллин Р. Н., Керимов М. А., Марусин А. В. Повышение эффективности системы фотовидеофиксации административных правонарушений в дорожном движении // Вестник гражданских инженеров. 2016. № 3. С. 233–237.

8. Kerimov M., Safiullin R., Marusin A., Marusin A. 2017. Evaluation of functional efficiency of automated traffic enforcement systems. *Transportation Research Procedia*, 20, 288–294.

9. Сафиуллин Р. Н. Оптимальное управление ДВС в диапазоне эксплуатационных режимов при использовании автоматизированной системы стендовых испытаний (АССИ) // Вестник гражданских инженеров. 2014. № 1 (42). С. 121–126.

10. Федотов В. Н. Управление экологической безопасностью пассажирского автопарка на основе обобщающих показателей перевозочного процесса / Ученые записки Санкт-Петербургского университета управления и экономики. 2015. № 1(49). С. 32–36.

11. Rajczyk J., Evtiukov S., Rajczyk M. 2017. Dispersion of Kinetic Energy for Traffic Safety. *Transportation Procedia* 20, 536–543. URL: <https://doi.org/10.1016/j.trpro.2017.01.087>.

12. Кисуленко Б. В. Автоматизация управления автомобилем: тенденции развития и условия внедрения // Сб. тр. Международной академии транспорта. 2014. № 17. С. 80–88.

13. Кондратьев А. А. Барьеры внедренческих процессов ITS // Сб. тр. Международной академии транспорта. 2014. № 17. С. 89–91.

14. Домске Э. Р. Расследование и экспертиза дорожно-транспортных происшествий. 2-е изд. М.: Издательский центр «Академия», 2012. 288 с.

15. Дегтярев К. Я. Классификация категориальных структур структурных сложностей на основе прототипов в простых комплексах // материалы 10-й Междунар. конф. по применению нечетких систем и мягких вычислений (ICAFS-2012) / отв. ред. Р. Алиев, К. У. Бонфиг, М. Джамшиди, Я. Капшик, В. Крейнович. М., 2012. С. 27–37.

References

1. Safiullin R. N., Reshetnik E. S. *Intellektual'nye sistemy avtomatizirovannogo monitoringa transportnykh sredstv* [Intelligent systems of automated monitoring of vehicles]. *Voronezhskiy nauchno-tekhnicheskii vestnik – Voronezh Science and Engineering Bulletin*, 2018, vol. 2, no. (24), pp. 90–96.
2. *Obshchestvennaya palata Rossiyskoy Federatsii komissiya po problemam bezopasnosti grazhdan i vzaimodeystviyu s sistemoy sudebno-pravookhranitel'nykh organov. Obshchestvennyy doklad «O sostoyanii del v sfere organizatsii i bezopasnosti dorozhnogo dvizheniya v*

regionakh Rossii» [Civic Chamber of the Russian Federation Commission on citizens' security and interaction with the system of judicial and law enforcement bodies. Report "On the state of affairs in the field of road safety provision in the regions of the Russian Federation"]. December 2013, 64 p.

3. Safiullin R. N., Kerimov A. M., Marusin A. V. *Modelirovanie dorozhno-transportnykh proissheshtviy s ispol'zovaniem tekhnicheskikh sredstv kontrolya narusheniy PDD* [Modeling road traffic accidents using technical means to control traffic violations]. Trudy XI mezhdunar. nauch.-tekhn. konf. [Proc. of the XI Int. sci.-tech. conf.] Prague, August 22–30, 2015, Education and science Publ.

4. Safiullin R. N. *Sredstva fotovideofiksatsii narusheniy PDD: normativnoe regulirovanie i praktika primeneniya* [Means of photo-video recording of traffic violations: normative regulation and practice of application]. Moscow, Direkt-Media Publ, 2016, 355 p.

5. Vishnevskiy V. M., *Analiz i issledovanie metodov proektirovaniya avtomatizirovannykh sistem bezopasnosti na avtodorogakh s ispol'zovaniem novykh shirokopolosnykh besprovodnykh sredstv i RFID-tekhnologii* [Analysis and research of design methods of automated safety systems on roads using new broadband wireless and RFID-technologies]. *Tekhnologii informatsionnogo obshchestva – Technologies of information society*, 2012, no. 7, pp. 48–54.

6. Safiullin R. N. *Intellektual'nye bortovye transportnye sistemy na avtomobil'nom transporte* [Intelligent on-board transport systems at road transport.] Moscow, Berlin, Direkt-Media Publ., 2017, 354 p.

7. Safiullin R. N., Kerimov M. A., Marusin A. V. *Povyshenie ehffektivnosti sistemy fotovideofiksatsii administrativnykh pravonarusheniy v dorozhnom dvizhenii* [Improving the efficiency of the system of photo-video fixation of administrative offenses in road traffic]. *Vestnik grazhdanskikh inzhenerov – Bulletin of Civil Engineers*, 2016, no. 3, pp. 233–237.

8. Kerimov M., Safiullin R., Marusin A., Marusin A. Evaluation of functional efficiency of automated traffic enforcement systems. *Transportation Research Procedia*, 2017, no. 20, pp. 288–294.

9. Safiullin R. N. *Optimal'noe upravlenie DVS v diapazone ehkspluatatsionnykh rezhimov pri ispol'zovanii*

avtomatizirovannoy sistemy stendovykh ispytaniy (ASSI) [Optimum control of ICE in the range of operational modes when using the ASSI]. *Vestnik grazhdanskikh inzhenerov – Bulletin of Civil Engineers*, 2014, no. 1 (42), pp. 121–126.

10. Fedotov V. N. *Upravlenie ehkologicheskoy bezopasnost'yu passazhirskogo avtoparka na osnove obobshchayushchikh pokazateley perevoznogo protsessa* [Management of environmental safety of passenger vehicle fleet on the basis of summarizing indicators of the transportation process]. *Uchenye zapiski Sankt-Peterburgskogo universiteta upravleniya i ehkonomiki – Scientific notes of St. Petersburg University of Management and Economics*, 2015, no. 1(49), pp. 32–36.

11. Rajczyk J., Evtiukov S., Rajczyk M. Dispersion of kinetic energy for traffic safety. *Transportation Procedia*, 2017, no. 20, pp. 536–543. Available at: <https://doi.org/10.1016/j.trpro.2017.01.087>

12. Kisulenko B. V. *Avtomatizatsiya upravleniya avtomobilem: tendentsii razvitiya i usloviya vnedreniya* [Automation of car control: development trends and conditions of implementation]. *Sb. tr. Mezhdunarodnoy akademii transporta – Proceedings of International Transport Academy*, 2014, no. 17, pp. 80–88.

13. Kondrat'ev A. A. *Bar'ery vnedrencheskikh protsessov ITS* [Barriers of ITS implementation processes]. *Sb. tr. Mezhdunarodnoy akademii transporta – Proceedings of International Transport Academy*, 2014, no. 17, pp. 89–91.

14. Domske Eh. R. *Rassledovanie i ehkspertiza dorozhno-transportnykh proissheshtviy* [Investigation and examination of road accidents] 2-nd ed. Moscow, Akademiya Publ., 2012, 288 p.

15. Degtyarev K. Ya. *Klassifikatsiya kategorial'nykh struktur strukturnykh slozhnostey na osnove prototipov v prostykh kompleksakh* [Classification of categorical structures of structural difficulties on the basis of prototypes in simple complexes]. *Trudy 10-y Mezhdunar. konf. po primeneniyu nechetkikh sistem i myagkikh vychisleniy (ICAFS-2012)* [Proc. of the 10th Int. sci. conf. on application of fuzzy systems and soft computing (ICAFS-2012)]. Eds. Aliev R., et al. Moscow, 2012, pp. 27–37.