УДК 656.13

DOI 10.23968/1999-5571-2020-17-6-206-213

© Е. В. Морозов, адъюнкт
(Военная академия материально-технического
обеспечения имени генерала армии А. В. Хрулёва,
Санкт-Петербург, Россия)
E-mail: mev521@yandex.ru

© E. V. Morozov, adjunct
(General of the Army A. V. Khrulev
Military Logistics Academy,
St. Petersburg, Russia)
(E-mail: mev521@yandex.ru)

МЕТОДИКА И АЛГОРИТМЫ ФОРМИРОВАНИЯ ТЕЛЕМАТИЧЕСКОЙ АВТОМАТИЗИРОВАННОЙ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ КОНТРОЛЯ ДВИЖЕНИЯ ТРАНСПОРТНЫХ СРЕДСТВ

METHODOLOGY AND ALGORITHMS FOR BUILDING A TELEMATIC AUTOMATED VEHICLE MOVEMENT CONTROL SYSTEM

Предложены перспективные направления научных исследований в области построения автоматизированных систем управления контроля движения транспортных средств (ТС) в целях обеспечения непрерывного его мониторинга и оперативного управления. Разработана методика обоснования технических требований и оценки характеристик измерительных средств автоматизированного контроля движения ТС, а также алгоритм определения оптимальных значений характеристик измерительных средств и алгоритм выбора оптимального варианта телематических автоматических средств контроля (ТАСК) движения ТС. Сформулировано понятие телематической автоматизированной системы управления контроля движения транспортных средств (ТАСУ КД ТС). Представленные результаты позволяют осуществить построение ТАСУ КД ТС на основе оптимального выбора ТАСК движения и оценке эффективности их применения. Построение локальной телематической автоматизированной системы управления контроля движения ТС позволит эффективно управлять транспортными потоками за счет осуществления непрерывного контроля и мониторинга ТС на всем маршруте движения и оперативного координирования взаимодействий всех участников дорожного движения, спецслужб и ведомств.

Ключевые слова: автоматизированная система управления, телематические автоматические средства контроля, контроль движения, транспортное средство.

The article proposes promising trends of research in the field of building automated systems for controlling the movement of transport vehicles (TS) in order to ensure a continuous monitoring and operational control. A method for substantiating technical requirements and assessing the characteristics of measuring instruments for automated control of vehicle movement, an algorithm for determining the optimal values of characteristics of measuring tools and an algorithm for choosing the optimal version of telematic automatic control devices (TASK) for vehicle movement have been developed. The concept of a telematic automated control system for controlling the movement of vehicles (TASU CD TS) is formulated. The presented results make it possible to build the TASU CD of the vehicle based on the optimal choice of TASK movement and the assessment of the effectiveness of their application. Creation of a local telematic automated control system for controlling the movement of the vehicle will effectively manage traffic flows through the implementation of continuous control and monitoring of the vehicle along the entire route of movement, and operational coordination of the interactions of all road users, special services and departments.

Keywords: automated control system, telematic automatic control devices, movement control, vehicle.

Введение

В настоящее время во всем мире наблюдается рост дорожного движения. Из-за существенного увеличения автомобильного парка и ограниченной пропускной способности улично-дорожной

сети возникает большое количество конфликтных ситуаций и резко снижается транспортная мобильность. Опыт крупных городов мира показывает, что проблему загруженности дорог нельзя решить одним лишь строительством магистралей:

на новый участок дороги сразу же устремляется огромное количество машин, образуя заторы [1]. Для решения данной проблемы и регуляции транспортного потока необходимо внедрение и использование современных информационно-телекоммуникационных систем.

В целях эффективного управления и контроля движения ТС, а также повышения уровня взаимодействия между участниками дорожного движения в больших городах и на основных автомагистралях активно внедряются интеллектуальные транспортные системы (ИТС). Они представляют комплекс систем, который позволяет эксплуатировать транспортную сеть, используя информационные, коммуникационные и управленческие технологии, встроенные в транспортное средство и дорожную инфраструктуру [2]. На улично-дорожной сети ИТС представляют собой целый комплекс функционального оборудования, которое осуществляет сбор информации, управление транспортным потоком и информирование участников дорожного движения [3]. Внедрение ИТС позволило существенно повысить эффективность эксплуатации транспортной сети, однако ее функционирование требует развития транспортной инфраструктуры, что невозможно ее использовать повсеместно из-за сложности и трудоемкости данного процесса. Исходя из этого возникает необходимость построения локальных автоматизированных систем контроля движения ТС.

Основная часть. На сегодняшний день наиболее перспективное направление научных исследований в представленной предметной области — разработка локальной телематической автоматизированной системы управления контроля движения ТС (ТАСУ КД ТС). ТАСУ КД ТС — это локальная информационно-управляющая система, осуществляющая автоматизированный сбор, обработку, передачу и представление потребителям данных о местоположении и состоянии ТС, а также информации, получаемой на основе этих данных, в целях эффективного его управления [5]. Данная система осуществляет интеллектуальное взаимодействие как с отдельными ТС, так и с транспортным потоком в целом посредством телекоммуникационных технологий и технических средств контроля движения [5].

Эффективность системы строится на возможности постоянного мониторинга транспортного средства на всем маршруте его движения в автоматическом режиме. Исходя из этого возникает потребность в телематических автоматических средствах контроля (ТАСК), которые собственно, получают, обрабатывают и передают информацию, являясь ключевым звеном по контролю движения ТС. ТАСК включает измерительное средство (скорости и других параметров ТС); оборудования фото- и видео- фиксации; программно-аппаратное обеспечение; вспомогательное оборудование обеспечения работоспособности; блок питания и инфракрасный или светодиодный прожекторы [4].

Важная роль при построении ТАСУ КД ТС отводится измерительным средствам (ИС) контроля. В настоящее время идентификация объектов на транспортной инфраструктуре с одновременным формированием измерительной информации реализуется с помощью программно-аппаратных комплексов. Мобильная система автоматизированного контроля движения ТС рассматривается как совокупность двух подсистем: измерения и распознавания. Для обоснования технических требований и оценки измерительных средств автоматизированного контроля движения ТС была разработана методика обоснования технических требований и оценки характеристик измерительных средств ТАСУ КД ТС, которая определяет последовательность определения оптимальных значений характеристик ИС автоматизированного контроля движения в различных технико-экономических концепциях (рис. 1) [5].

Основные критерии, которые необходимо учитывать при выборе подходящей системы автоматизированного контроля движения ТС, — режим сбора данных; использование устройств и сбора данных.

Процесс выбора системы автоматизированного контроля движения ТС должен быть основан на способе обработки данных [6]. При этом следует различать непрерывную и временную идентификацию.

Под непрерывной идентификацией понимается процесс сбора и обработки данных с учетом точной установки устройств распознавания в определенных местах, позволяющих постоянно

вести измерения по объекту наблюдения. Временная идентификация учитывает частичный сбор и обработку данных в ограниченный промежуток времени при условии установки датчиков в определенных точках на ограниченном участке местности [7].

Исходя из этого поиск оптимального решения выбора и оценки измерительных средств автоматизированного контроля движения ТС производится по частным критериям, а именно по эффективности распознавания и стоимости измерительного средства. Для построения оценки и выбора оптимальных технических характеристик перспективных измерительных средств ТАСУ КД ТС в различных технико-экономических концепциях создания перспективной техники на основе сформулированных допущений определены критерии, обеспечивающие поиск Парето – оптимальных решений [8].

Степень эффективности идентификации объектов N_i измерительных средств ТАСУ КД ТС

представляется совокупностью вероятностей решения k -й задачи идентификации P_k за промежуток времени.

$$N_i = P^*k - P_k, \text{ если } P^*k \geq P_k, \quad (1)$$

$$N_i = 0, \text{ если } P^*k < P_k.$$

Тогда общая оценка эффективности решения задачи идентификации ТС ИС будет иметь вид

$$N_i = \frac{1}{\sum_{k=1}^N q_k}, \text{ если } \sum_{k=1}^N n_k \neq 0. \quad (2)$$

Эксплуатационные расходы на обеспечение функционирования измерительных средств ТАСУ КД ТС имеет ограничения на максимальную величину выделяемых средств. Для проведения сравнительного анализа и выбора наиболее подходящей системы достаточно знать расходы, связанные с приобретением аппаратных средств и подготовкой места, где устройство будет монтироваться.

$$C_V = [(C_D Q) + C_1] \left[\frac{i(l+i)^n}{(l+i)^n - 1} \right] + nC_M, \quad (3)$$

Рис. 1. Последовательность определения оптимальных значений характеристик измерительного средства

где C_v — эксплуатационные расходы на обеспечение функционирования измерительных средств ТАСУ КД ТС, руб.; C_d — стоимость одного устройства, руб.; Q — количество используемых устройств; C_1 — стоимость оборудования для монтажа, включая трудозатраты, материалы и пр., руб.; n — процентная ставка; N — срок службы, годы; C_m — стоимость ежегодного технического обслуживания, руб. в год.

Одним из основных методов оценки измерительных средств ТАСУ КД ТС является метод «закрепленных шкал» [9]:

$$R(g) = \sum_{i=1}^n B_i \cdot n_i, \quad (4)$$

где $R(g)$ — торговая оценка реализуемости в баллах; B_i — оценка i -го фактора реализуемости; n_i — вес i -го фактора [5, 6].

Вместе с этим был разработан алгоритм выбора ТАСК движения (рис. 2), который, исходя

из разработанных показателей эффективности и сформированных требований, на основании выбора альтернативных вариантов позволяет осуществить выбор оптимальных образцов ТАСК [10].

Функционирование ТАСУ КД ТС влечет за собой необходимость использования на ТС бортовой информационно-управляющей системы (БИУС), без которой будет невозможен процесс взаимодействия ТС с системой [11]. Современные БИУС существенно отличаются от базовых встроенных комплексов контроля технического состояния ТС тем, что эти системы позволяют анализировать поступающую информацию, предупреждают или своими действиями исключают аварийную ситуацию, в которой оказалось ТС. Функциональные возможности БИУС разнообразны и зависят от требований заказчи-

Рис. 2. Алгоритм выбора оптимального варианта ТАСК движения ТС

ка [12]. БИУС укрупненно состоит из роутера, центрального бортового компьютера и шлюза. Архитектура БИУС представлена на рис. 3.

На основании разработанного взаимодействия ТС с ТАСК сформирована схема взаимодействия ТС с ТАСУ КД ТС на основании беспроводной передачи информации с использованием матричного QR-кода. Данная схема обеспечивает передачу команд от центра обработки данных на блок управления считывателя, установленного в ТАСК. Сигнал QR-кода поступает на считыватель, который подключен к управляющему устройству. От него идет передача данных через внешний интерфейс контрольного пункта до внешнего интерфейса центра управления, где

происходит обработка данных в базе, управляемой через персональный компьютер. Обработку данных на ТС осуществляет управляющее устройство [13].

В этой связи предлагается применять матричный QR-код как средство распознавания ТС для дальнейшего установления связи с центром контроля. Для этого используется пара приемопередатчиков, установленных на автомобиле и контрольном пункте для обмена служебной информацией. Передача же от автомобиля до центра контроля идет через внешний интерфейс, как проводной (Ethernet), так и беспроводной (Wimax, GSM, Wi-Fi) [13, 14]. Функциональная

Рис. 3. Архитектура БИУС ТС

Рис. 4. Функциональная схема взаимодействия ТАСУ КД ТС

Рис. 5. Структура телематической автоматизированной системы управления контроля движения ТС

схема взаимодействия ТАСУ КД ТС приведена на рис. 4¹.

Таким образом, структура ТАСУ КД ТС будет иметь вид, представленный на рис. 5. Данное построение позволит осуществить эффективное управление и контроль движения ТС, а также повысит уровень взаимодействия между участниками дорожного движения.

Заключение. Итак, сформирован единый подход к обоснованию требований к ТАСУ КД ТС как системе «средства измерения–идентификация–контроль движения ТС». Разработана методика обоснования технических требований и оценки характеристик измерительных средств автоматизированного контроля движения ТС, а также алгоритм определения оптимальных значений характеристик измерительных средств и алгоритм выбора оптимального варианта TACK

движения ТС. Представленные результаты позволяют осуществить построение ТАСУ КД ТС на основе оптимального выбора TACK движения и оценке эффективности их применения. Построение локальной телематической автоматизированной системы управления контроля движения ТС позволит эффективно управлять транспортными потоками за счет осуществления непрерывного контроля и мониторинга ТС на всем маршруте движения и оперативного координирования взаимодействий всех участников дорожного движения, спецслужб и ведомств.

Библиографический список

1. 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 / Т_Comm. № 7. 2012. С. 48–54.

¹ SAE J3016. Standard: Taxonomy and Definitions for Terms Related to On-Road Motor Vehicle Automatic Driving Systems. Issued: 2014-01-16 — SAE International Inc., 2014.

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

3. Сафиуллин Р. Н. Интеллектуальные бортовые транспортные системы на автомобильном транспорте: монография. М.; Берлин: Директ-Медиа, 2017. С. 354.

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

5. Сафиуллин Р. Н., Морозов Е. В. Методика обоснования технических требований и оценки характеристик измерительных средств систем автоматизированного контроля движения автомобильного транспорта // Наука, техника, управление. 2020. № 5. С. 47–51.

6. Сафиуллин Р. Н., Резниченко В. В., Калужный А. Ф. Системы автоматизации контроля движения на автомобильном транспорте: монография; под ред. Р. Н. Сафиуллина. СПб.: Лань, 2019. 516 с.

7. Баруздин Р. Э., Керимов М. А. Результаты исследования влияния энергоинформационного поля на эксплуатационные свойства применяемого топлива автомобильного транспорта // Воронежский научно-технический Вестник. 2018. Т. 2, № 2 (24). С. 102–107.

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

9. Сафиуллин Р. Н., Керимов М. А., Марусин А. В. Повышение эффективности системы фотовидеофиксации административных правонарушений в дорожном движении // Вестник гражданских инженеров. 2016. Вып. 3. С. 233–237.

10. Safiullin R. N., Reznichenko V. V., Gorlatov D. V. Modeling and optimization of processes of transportation of heavy cargoes based on the automation of monitoring systems for the motor vehicles movement // IOP: Earth and Environmental Science (EES): 378 (2019) 012069. DOI 10.1088/1755-1315/378/1/012069.

11. Safiullin R. N., Marusin A., Safiullin R. R., Ablyazov T. Methodical approaches for creation of intelligent management information systems by means of energy resources of technical facilities // E3S Web of Conferences 140, 10008 (2019) EEC-2019.

12. Di X., Liu H. X., Ban X.(J.). Second best toll pricing within the framework of bounded rationality // *Transportation Research Part B*. 2016. Vol. 83. P. 74–90. DOI 10.1016/j.trb.2015.11.002.

13. Сафиуллин Р. Н., Морозов Е. В. Система автоматической идентификации транспортного средства с использованием матричного QR-кода // Вестник гражданских инженеров. 2020. № 2 (79). С. 195–201.

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

References

1. Vishnevskiy V. M. *Analiz i issledovanie metodov proektirovaniya avtomatizirovannykh sistem bezopasnosti na avtodorogakh s ispol'zovaniem novykh shirokopolosnykh besprovodnykh sredstv i RFID-tekhnologiy* [Analysis and research of methods for designing automated safety systems on highways using new broadband wireless means and RFID technologies]. *Tekhnologii informatsionnogo obshchestva* [In: Information society technologies]. *T. Comm.*, 2012, no. 7, pp. 48–54.

2. Rajczyk J., Evtiukov S., Rajczyk M. Dispersion of Kinetic Energy for Traffic Safety. *Transportation Procedia*, 2017, no. 20, pp. 536–543. URL: <https://doi.org/10.1016/j.trpro.2017.01.087>

3. Safiullin R. N. *Intellektual'nye bortovye transportnye sistemy na avtomobil'nom transporte* [Intelligent on-board transport systems in automobile transport]. Moscow; Berlin: Direct-Media Publ., 2017, 354 p.

4. Kisulenko B. V. *Avtomatizatsiya upravleniya avtomobilem: tendentsii razvitiya i usloviya vnedreniya* [Automatization of automobile control: development trends and implementation conditions]. *Trudy Mezhdunarodnoy akademii transporta – Proceedings of the International Academy of Transport*, 2014, no. 17, pp. 80–88.

5. Safiullin R. N., Morozov E. V. *Metodika obosnovaniya tekhnicheskikh trebovaniy i otsenki kharakteristik izmeritel'nykh sredstv sistem avtomatizirovannogo kontrolya dvizheniya avtomobil'nogo transporta* [Methodology of substantiation of technical requirements and evaluation of characteristics of measuring instruments of automated traffic control systems of motor transport]. *Nauka, tekhnika, upravlenie – Science, Technology, Management*, 2020, no. 5, pp. 47–51.

6. Safiullin R. N., Reznichenko V. V., Kalyuzhnyi A. F. *Sistemy avtomatizatsii kontrolya dvizheniya na avtomobil'nom transporte* [Automation systems for traffic control in road transport]. Ed. by Safiullin R. N. St. Petersburg, Lan' Publ., 2019, 516 p.

7. Baruzdin R. E., Kerimov M. A. *Rezultaty issledovaniya vliyaniya energoinformatsionnogo polya na ekspluatatsionnye svoystva primenyaemogo topliva avtomobil'nogo transporta* [Results of the study of the influence of the energy-informational field on the operational properties of the fuel used in road transport]. *Voronezhskiy nauchno-tekhnicheskii vestnik – Voronezh Scientific and Technical Bulletin*, 2018, vol. 2, no. 2 (24), pp. 102–107.

8. Domske E. R. *Rassledovanie i ekspertiza dorozhno-transportnykh proissheshtviy* [Investigation and examination of road traffic accidents]. 2-nd ed. Moscow, Akademiya Publ., 2012, 288 p.
9. Safiullin R. N., Kerimov M. A., Marusin A. V. *Povyshenie effektivnosti sistemy fotovideofiksatsii administrativnykh pravonarusheniy v dorozhnom dvizhenii* [Improving the efficiency of the system of photo and video recording of administrative offenses in road traffic]. *Vestnik grazhdanskikh inzhenerov – Bulletin of Civil Engineers*, 2016, no. 3, pp. 233–237.
10. Safiullin R. N., Reznichenko V. V., Gorlatov D. V. Modeling and optimization of processes of transportation of heavy cargoes based on the automation of monitoring systems for the motor vehicles movement. *IOP: Earth and Environmental Science (EES)*, 2019, no. 378, pp. 012–069. DOI 10.1088/1755-1315/378/1/012069.
11. Safiullin R. N., Marusin A., Safiullin R. R., Ablyazov T. *Methodical approaches for creation of intelligent management information systems by means of energy resources of technical facilities*. E3S Web of Conferences 140, 10008 (2019) EEECE-2019.
12. Di X., Liu H.X., Ban X.(J.). Second best toll pricing within the framework of bounded rationality. *Transportation Research Part B*, 2016, vol. 83, pp. 74–90. DOI 10.1016/j.trb.2015.11.002.
13. Safiullin R. N., Morozov E. V. *Sistema avtomaticheskoy identifikatsii transportnogo sredstva s ispol'zovaniem matrichnogo QR-koda* [Automatic vehicle identification system using a matrix QR code]. *Vestnik grazhdanskikh inzhenerov – Bulletin of Civil Engineers*, 2020, no. 2(79), pp. 195–201.
14. Kondrat'ev A. A. *Bar'ery vnedrencheskikh protsessov ITS* [Barriers of ITS implementation processes] *Trudy Mezhdunarodnoy akademii transporta – International Academy of Transport Proceedings*, 2014, no. 17, pp. 89–91.
15. SAEJ3016. *Standard: Taxonomy and definitions for terms related to on-road motor vehicle automatic driving systems*. Issued: 2014-01-16 – SAE International Inc., 2014.