Международная конференция «Транспортная доступность Арктики: сети и системы» (International Conference on Arctic transport accessibility: networks and systems), ATA-2021, 2-4 июня 2021 г., Санкт-Петербург, Россия

Методика оценки влияния параметров функционирования систем автоматической фиксации нарушений на безопасность дорожного движения

(Алексей Марусин) Alexey Marusinа[[1]](#footnote-1), (Александр Марусин) Aleksander Marusinb, (Игорь Данилов) Igor Danilovc

*Saint Petersburg State University of Architecture and Civil Engineering, 2 Krasnoarmejskaja ul.4, Saint Petersburg,190005, Russia, 89312555919@mail.ru*

*RUDN University, Miklukho-Maklaya Street, 6, Moscow, 117198, Russian Federation, 89271333424@mail.ru,*

*RUDN University Miklukho-Maklaya Street, 6, Moscow, 117198, Russian Federation, danilov\_ik@rudn.university*

Аннотация

Обеспечение безопасности дорожного движения является комплексным свойством дорожно-транспортных систем и рассматривается как сложная задача, решение которой требует системного подхода по управлению дорожно-транспортным комплексом страны. Изменчивость во времени структуры улично-дорожной сети и её технического состояния требуют учета таких особенностей функционирования, как сложность иерархической структуры дорожно-транспортных систем и реализуемых в них технологий. На основании этого в работе определены факторы, влияющие на функционирование систем автоматической фиксации нарушений правил дорожного движения и рассмотрены вопросы оценки их параметров, влияющих на безопасность дорожного движения в Российской Федерации. В связи с этим, определены группы факторов, влияющих на функционирование системы автоматической фиксации и разработаны этапы исследования. На основании полученных данных, предложен механизм количественной оценки эффективности применения систем автоматической фиксации для обеспечения безопасности на автомобильных дорогах и принятия управленческих решений по снижению аварийности на улично-дорожной сети. Полученные результаты влияния параметров функционирования систем автоматической фиксации нарушений на безопасность дорожного движения позволили выявить взаимосвязь между этими показателями и предложить мероприятия по повышению безопасности дорожного движения с использованием систем автоматической фиксации.

*Ключевые слова:* Система автоматической фотовидеофиксации; административные правонарушения; дорожное движение; автоматизированный контроль; оснащенность; эффективность; автотранспортная техника.

1. Введение

Проблема безопасности дорожного движения в Российской Федерации является чрезвычайно актуальной, в связи с этим и разрабатывались мероприятия Федеральной целевой программы «Повышение безопасности дорожного движения в 2013-2020 гг.». Ключевым фактором в обеспечении безопасности дорожного движения в соответствии с ФЗ № 196 «О безопасности дорожного движения» от 15 ноября 1995 г. является «деятельность по предупреждению причин дорожно-транспортных происшествий», что также отражено в концепции «нулевой смертности на дорогах». Концепция «нулевой смертности на дорогах» реализуется во всех европейских странах – подробный её алгоритм закреплен в международном стандарте ИСО 39001: 2012, который принят также и в России [Mukhtar Kerimov et al (2016)].

В последние годы, в этой предметной области, в сфере обеспечения БДД проведены многие научные исследования по вопросам повышения уровня безопасности на улично-дорожной сети, обеспечению безопасности дорожного движения и экологической безопасности отражённые в работе авторов [R. Safiullin et al (2018), Igor Vorozheikin et al (2020), Marusin, A.V. et al, (2020), Soo, S. et al (2020), Danilov, I. et al (2020), Safiullin, R. et al (2019), Danilov, I.K. et al (2018), A. Marusin, et al (2018), Aleksey Marusin et al (2019), Kerimov, M. et al (2017), S. Evtiukov et al (2018), Brylev, I. et al (2018), Repin S., et al, (2018), Evtiukov S. et al, (2018), Kurakina E. et al, (2018), Ginzburg G. et al (2017), Марусин А.В. и др. (2019), A.V. Marusin (2017), Марусин А.В. Совершентсвование … (2017)]. (***пример, как можно проанализировать мировой опыт****)*

Знания полного множества причин дорожно-транспортных происшествий и механизмов их предупреждения являются базисом обеспечения «нулевой смертности на дорогах» и внедрения ее концепции в системе обеспечения безопасности дорожного движения в Российской Федерации. Деятельность по обеспечению безопасности дорожного движения рассматривается в виде организационных систем – многофункциональных, иерархических, с множеством факторов, влияющих на эффективность и реализуемых в них функционально обязательных видов деятельности, связанных единством общесистемных целей. Таким образом, указанная выше проблема требует решения множества научно-технических задач и практических мероприятий, обеспечивающих их реализацию. Внедрение систем автоматической фиксации нарушений правил дорожного движения является одной из таких задач на современном этапе. Под системой автоматической фиксации нарушений правил дорожного движения понимается совокупность технических средств (функциональных элементов системы), взаимодействующих друг с другом для достижения общей цели – обеспечения безопасности движения. Назначение этой системы состоит в реализации функций фиксации нарушений правил дорожного движения её участников в автоматическом режиме на улично-дорожной сети (УДС). Однако, в настоящее время отсутствуют механизмы количественной оценки эффективности функционирования систем автоматической фиксации при реализации задач по повышению безопасности на автомобильных дорогах [Mukhtar Kerimov et al (2016)].

1. Теоретические исследования

С позиции системного подхода сформирована модель влияния факторов на функционирование системы автоматической фиксации нарушений правил дорожного движения, на входе которой действует вектор-функция контролируемых параметров (). К этой группе факторов отнесены геометрические характеристики участков УДС и характеристики транспортных потоков. Другая совокупность входов, представленная вектор-функцией (), включает факторы, учитывающие технико-эксплуатационные характеристики объектов на УДС и данные по нарушениям участников дорожного движения. Вектор-функция неуправляемых параметров () интерпретируется как аддитивная помеха вероятностной природы. К числу таких параметров относятся дорожные условия, профессиональные навыки водителей, технические характеристики транспортных средств и т.д. [Mukhtar Kerimov et al (2016)].

Причинно-следственная связь между указанными группами параметров моделируется следующим соотношением:

 (1)

где Q – критерий оценки параметров функционирования систем автоматической фиксации (САФ).

Для оценки эффективности применения технических средств системы автоматической фиксации рассматривается отношение полученного эффекта к затратам за определённый промежуток времени [Марусин А.В. (2016), № 8. Т. 4], которое представлено в виде критерия:

 (2)

где Э – суммарный полезный эффект от эксплуатации комплекса САФ;

З – затраты на производство и эксплуатацию комплекса САФ.

Для реализации системного подхода оценки эффективности функционирования систем автоматической фиксации разработаны этапы исследования, включающие: определение исходных данных, оценку воздействия функционирования системы автоматической фиксации на безопасность дорожного движения по абсолютным и косвенным параметрам (количество постановлений, комплексов и т.д.), на основе которых осуществляется выбор рационального варианта эффективного функционирования систем автоматической фиксации при обеспечении безопасности дорожного движения (рис. 2).



Рис. 2 – Этапы исследования эффективности функционирования систем автоматической фиксации обеспечения безопасности дорожного движения

В результате исследования были установлены следующие системообразующие значимые факторы: x1 – количество вынесенных постановлений о нарушениях правил дорожного движения; x2 – сумма оплаченных штрафов; x3 – количество стационарных технических средств систем автоматической фиксации; x4 – количество носимых технических средств системы автоматической фиксации, шт.; x5 – количество передвижных технических средств системы автоматической фиксации, шт.; x6 – количество мобильных технических средств системы автоматической фиксации, шт.; x7 – наличие знака о действии систем автоматической фиксации, шт.; x8 – плотность населения в регионе, чел/км.2; x9 – плотность транспорта в регионе, шт./км.2; x10 – протяжённость автомобильных дорог, км.; x11 – население региона, чел.; x12 – территория региона, км2; x13 – количество транспортных средств в регионе, ед. [Mukhtar Kerimov et al (2016)].

На основании теоретических исследований получена математическая модель, позволяющая оценить степень влияния функционирования систем автоматической фиксации на показатели аварийности. Для формирования информационной базы использовались статистические данные функционирования систем автоматической фиксации. При разработке математической модели были установлены наиболее значимые факторы, влияющие на безопасность дорожного движения и создан массив исходных данных:

 (3)



Рис. 3 – Алгоритм принятия управленческих решений по снижению аварийности на улично-дорожной сети при функционировании систем автоматической фиксации

1. Расчетная часть

При помощи программ Statgraphics и Excel получены регрессионные уравнения влияния рассматриваемых факторов на количество дорожно-транспортных происшествий и разработана математическая модель функционирования влияния системы автоматической фиксации нарушений правил дорожного движения на безопасность дорожного движения.

 (4)

В результате, из выбранных факторов определены наиболее значимые по степени влияния на показатели аварийности, которыми являются: x1 – количество вынесенных постановлений о нарушениях правил дорожного движения; x2 – сумма оплаченных штрафов; x3 – количество стационарных технических средств систем автоматической фиксации; x8 – плотность населения в регионе, чел/км.2 [Марусин А.В. (2017)]. Статистические характеристики полученной математической модели представлены в табл. 1.

Таблица 1 – Статистические характеристики математической модели

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| Parameter | Estimate | Standard Error | T Statistic | P-Value |
| CONSTANT | 2379,24 | 377,889 | 6,29614 | 0,0243 |
| x1 | 1543,63 | 193,139 | 7,99232 | 0,0153 |
| x2 | -3,91341 | 0,472106 | -8,28924 | 0,0142 |
| x3 | 9,40355 | 3,09578 | 3,03754 | 0,0934 |
| x8 | 1,0307 | 0,153725 | 6,70487 | 0,0215 |

Определена оценка взаимосвязи экспериментальных показателей применения технических средств системы автоматической фиксации с показателями аварийности с помощью критериев Пирсона и ранговой корреляция Спирмена. Такими показателями, характеризующими эффективность функционирования систем автоматической фиксации являются удельное количество штрафов в день на 1 млн зарегистрированных транспортных средств –  и удельное кол-во дорожно-транспортных происшествий водителей в день на 1 млн зарегистрированных транспортных средств – , [М. А. Керимов, И. О. Черняев и др. (2015)]:

 (5)

где  – количество правонарушений, выявленных системой автоматической фиксации в год;  – количество календарных дней работы систем автоматической фиксации в рассматриваемом году;

 (6)

где  – количество зарегистрированных транспортных средств, шт.;  – количество ДТП по вине водителей транспортных средств в год; – количество календарных дней в году.

Полученные данные взаимосвязи параметров функционирования систем автоматической фиксации на показатели аварийности подтвердили результаты теоретических исследований по их влиянию на уровень безопасности дорожного движения (рис. 4).

Рис. 4 – Влияние показателей функционирования систем автоматической фиксации на аварийность

4. Выводы

В результате исследований разработана методика и установлены механизмы количественной оценки влияния параметров функционирования систем автоматической фиксации в регионах Российской Федерации на показатели аварийности и предложены мероприятия по повышению безопасности дорожного движения при применении систем автоматической фиксации. Предложенная методика и совокупность представленных решений формирует этап оценки влияния параметров функционирования систем автоматической фиксации на безопасность дорожного движения.

***Уважаемые авторы!***

***Для повышения рейтинга журнала Transportation Research Procedia, необходимо в ваших работах ссылаться на прошлые сборники конференции. При отсутствии ссылок на прошлые сборники, рецензенты могут порекомендовать их и добавить в список источников. Просим вас, пользоваться ссылками из примера при подготовки своих материалов.***

Ссылки *(Список источников оформляется на английском языке в алфавитном порядке, который должен содержать не менее 30 источников, из которых не более 20% самоцентрирование, не менее 50% ссылки на другие статьи, индексируемые в международных базах научного цитирования Scopus и Web of Science, в том числе на статьи сборников конференции издания Transportation Research Procedia (Том: №50, №36 и №20))*

Almetova, Z., Shepelev, V., Shepelev, S., 2016. Cargo transit terminal locations according to the existing transport network configuration. Procedia Engineering 150, 1396–1402. DOI: 10.1016/j.proeng.2016.07.335.

Baskov, V., Ignatov, A., Isaeva, E. (2018). A mechanism for assessment of automobile noise impact on drivers and passengers. Transportation Research Procedia, 36 33-36. doi:10.1016/j.trpro.2018.12.039

Baskov, V., Ignatov, A., Polotnyanschikov, V. (2020). Assessing the influence of operating factors on the properties of engine oil and the environmental safety of internal combustion engine. Transportation Research Procedia, 50 37-43. doi:10.1016/j.trpro.2020.10.005.

Belyaev, A., Gordienko, V., Druzhinin, P., **Evtukov**, S. (2020). Mathematical model for selecting the best technology for restoring road construction machines. E3S Web of Conferences,164. 10.1051/e3sconf/202016403044.

Boryaev, A., Malygin, I., **Marusin**, A. (2020). Areas of focus in ensuring the environmental safety of motor transport. Transportation Research Procedia, 50, 68-76. 10.1016/j.trpro.2020.10.009.

Brylev, I., **Evtiukov**, S., Evtiukov, S., 2018. Problems of calculating the speed of two-wheeled motor vehicles in an accident. Transportation Research Procedia 36, 84–89. DOI: 10.1016/j.trpro.2018.12.047.

Chernyaev, I., Oleshchenko, E., Danilov, I. (2020). Methods for continuous monitoring of compliance of vehicles' technical condition with safety requirements during operation. Transportation Research Procedia, 50, 77-85. 10.1016/j.trpro.2020.10.010.

Danilov, I.K., **Marusin**, A.V., Marusin, A.V., Danilov, S.I., Andryushchenko, I.S., 2018. Diagnosis of the fuel equipment of diesel engines with multicylinder high pressure fuel injection pump for the movement of the injector valve for the diagnostic device. ICFET'18: Proceedings of the 4th International Conference on Frontiers of Educational Technologies, 157–160. DOI: 10.1145/3233347.3233363.

Danilov, I., **Marusin**, A., Mikhlik, M., Uspensky, I., 2020. Development of the mathematical model of fuel equipment and justification for diagnosing diesel engines by injector needle displacement. Transport Problems 15 (1), 93–104. DOI: 10.21307/tp-2020-009.

Danilov, I., Popova, I., Moiseev, Y. (2018). Analysis and validation of the dynamic method for diagnosing diesel engine connecting rod bearings. Transport Problems, 13(1), 123-133. doi:10.21307/tp.2018.13.1.11.

Dygalo, V., Keller, A., **Evtiukov**, S. (2020). Monitoring of vehicles' active safety systems in operation. Transportation Research Procedia, 50, 113-120. 10.1016/j.trpro.2020.10.014.

**Evtiukov**, S. A., Evtiukov, S. S., Kurakina, E. V. (2020). Smart transport in road transport infrastructure. Paper presented at the IOP Conference Series: Materials Science and Engineering, 832(1) doi:10.1088/1757-899X/832/1/012094.

**Evtiukov**, S., Karelina, M., Terentyev, A., 2018. A method for multi-criteria evaluation of the complex safety characteristic of a road vehicle. Transportation Research Procedia 36, 149–156. DOI: 10.1016/j.trpro.2018.12.057.

Gorodokin, V., Almetova, Z., Shepelev, V., 2017. Algorithm of signalized crossroads passage within the range of permissive-to-restrictive signals exchange. Transportation Research Procedia 20, 225–230. DOI: 10.1016/j.trpro.2017.01.059.

Grayevskiy, I., **Marusin**, A., Marusin, A. (2020). CDF simulation-based research of influence of mechanical defects in nozzles on environmental parameters of automotive diesel engines. Transportation Research Procedia, 50, 182-191. 10.1016/j.trpro.2020.10.023.

Kapskij, D. V., Pegin, P. A., **Evtyukov**, S. A. (2017). Definition of ecological losses in the city from the movement of vehicles. Water and Ecology, 2017(3), 146-157. doi:10.23968/2305-3488.2017.21.3.146-157.

Kapustin, A., Vorobiev, S., Gordienko, V., **Marusin**, A. (2020). Method for improving the safety of diesel vehicles when operating on gas engine fuel (gas diesel engines). Transportation Research Procedia, 50, 226-233. 10.1016/j.trpro.2020.10.028.

Kazhaev, A., Almetova, Z., Shepelev, V., Shubenkova, K., 2018. Modelling urban route transport network parameters with traffic, demand and infrastructural limitations being considered. IOP Conference Series: Earth and Environmental Science 177, 012018. DOI: 10.1088/1755-1315/177/1/012018.

Kerimov, M., **Evtiukov**, S., **Marusin**, A. (2020). Model of multi-level system managing automated traffic enforcement facilities recording traffic violations. Transportation Research Procedia, 50, 242-252. 10.1016/j.trpro.2020.10.030.

Kerimov, M., **Marusin** A., Marusin A., Danilov, I. (2020). Methodological aspects of building mathematical model to evaluate efficiency of automated vehicle traffic control systems. Transportation Research Procedia, 50, 253-261. 10.1016/j.trpro.2020.10.031.

Kondratyev, A.A., 2014. Barriers to implementing ITS processes. Collected papers of the International Transport Academy 17, 89–91.

Kozhukhovskaya, L., Baskov, V., & Ignatov, A. (2017). Modular management of indicators of efficiency and safety of transportation processes. Transportation Research Procedia, 20 361-366. doi:10.1016/j.trpro.2017.01.048.

Kurakina, E., **Evtiukov**, S., Ginzburg, G. (2020). Systemic indicators of road infrastructure at accident clusters. Architecture and Engineering, 5(1), 51-58. doi:10.23968/2500-0055-2020-5-1-51-58.

Kurakina, E., **Evtiukov**, S., Rajczyk, J. (2020). Potential for improving the procedure of inspecting road traffic accident black spots. Architecture and Engineering, 5(3), 56-62. doi:10.23968/2500-0055-2020-5-3-56-62.

Kuraksin, A., Shemyakin, A., Borychev, S. (2017). Meso-DTA traffic model technology for evaluating effectiveness and quality of the organization of traffic in large cities. Transportation Research Procedia, 20 378-383. doi:10.1016/j.trpro.2017.01.06.

Kuraksin, A., Shemyakin, A., Byshov, N. (2018). Decision support system for transport corridors on the basis of a dynamic model of transport flow distribution. Transportation Research Procedia, 36 386-391. doi:10.1016/j.trpro.2018.12.112.

Kuraksin, A., Shemyakin, A., Parshkov, A. (2020). Integrated assessment of traffic management efficiency in real time based on DTA model. Transportation Research Procedia, 50 337-345. doi:10.1016/j.trpro.2020.10.040.

Lobanova, Y., **Evtiukov**, S. (2020). Role and methods of accident abilit.y diagnosis in ensuring traffic safety. Transportation Research Procedia, 50, 363-372. 10.1016/j.trpro.2020.10.043.

Malinovsky, M., Vorobyev, A., Zabudsky, A., 2018. Interaction of subjects having different control paradigms in a common transport space. Transportation Research Procedia 36, 472-479. DOI: 10.1016/j.trpro.2018.12.130.

Malygin, I., Komashinskiy, V., Korolev, O., 2018. Cognitive technologies for providing road safety in intelligent transport systems. Transportation Research Procedia 36. 487–492. DOI: 10.1016/j.trpro.2018.12.134.

Mavrin, V., Magdin, K., Shepelev, V., Danilov, I. (2020). Reduction of environmental impact from road transport using analysis and simulation methods. Transportation Research Procedia, 50, 451-457. 10.1016/j.trpro.2020.10.053.

**Marusin**, A., Marusin, A., Danilov, I., 2018. A method for assessing the influence of automated traffic enforcement system parameters on traffic safety. Transportation Research Procedia 36, 500–506. DOI: 10.1016/j.trpro.2018.12.136.

**Marusin**, A.V., Danilov, I.K., Khlopkov, S.V., Marusin, A.V., Uspenskiy, I.A., 2020. Development of a mathematical model of fuel equipment and the rationale for diagnosing diesel engines by moving the injector needle. IOP Conference Series: Earth and Environmental Science 422, 012126. DOI: :10.1088/1755-1315/422/1/012126.

Nikitin, D., Nikitina, L., Asoyan, A., & **Marusin**, A. (2019). Analysis of strength characteristics in railroad dowels produced by various manufacturers. Architecture and Engineering, 4(1), 23-31. doi:10.23968/2500-0055-2019-4-1-23-31.

Novikov, A., Novikov, I., Shevtsova, A., 2018. Study of the impact of type and condition of the road surface on parameters of signalized intersection. Transportation Research Procedia 36, 548–555. DOI: 10.1016/j.trpro.2018.12.154.

Petrov, A. I., **Evtiukov**, S. A., Petrova, D. A. (2019). Statistical modelling of orderliness of regional road safety provision systems. Paper presented at the IOP Conference Series: Earth and Environmental Science, 224(1) doi:10.1088/1755-1315/224/1/012033.

Popova, I., Danilov, I., Abdulina, E. (2020). Intelligent driver assistance systems as factor of transportation safety assurance. Transportation Research Procedia, 50, 552-558. 10.1016/j.trpro.2020.10.066.

Popova, I., Danilov, I., & Abdulina, E. (2018). Method for the assessment of traffic safety criteria in regions of the Russian Federation. Transportation Research Procedia, 36 610-616. doi:10.1016/j.trpro.2018.12.157.

Rakov, V., Kapustin, A., Danilov, I. (2020). Study of braking energy recovery impact on cost-efficiency and environmental safety of vehicle. Transportation Research Procedia, 50, 559-565. 10.1016/j.trpro.2020.10.067.

Safiullin, R., Fedotov, V., **Marusin**, A. (2020). Method to evaluate performance of measurement equipment in automated vehicle traffic control systems. Transportation Research Procedia, 50, 20-27. 10.1016/j.trpro.2020.10.003.

Seliverstov, S., Seliverstov, Y., 2018. Developing principles for building transport networks of conflict-free continuous traffic. Transportation Research Procedia 36, 689–699. DOI: 10.1016/j.trpro.2018.12.122.

Seliverstov, S.A., Seliverstov, Y.A., Tarantsev, A.A., Grigoriev, V.A., Elyashevich, A.M., Muksimova, R.R., 2017. Elaboration of intelligent development system of megalopolis transportation. 2017 IEEE II International Conference on Control in Technical Systems (CTS). Saint Petersburg, Russia, 211–215. DOI: 10.1109/ctsys.2017.8109528.

Shepelev, V., Aliukov, S., Nikolskaya, K., Das, A., Slobodin, I., 2020. The use of multi-sensor video surveillance system to assess the capacity of the road network. Transport and Telecommunication 21 (1), 15–31. DOI: 10.2478/ttj-2020-0002.

Shepelev, V., Glushkov, A., Almetova, Z., Mavrin, V., 2020. A study of the travel time of intersections by vehicles using computer vision. In: Berns, K., Helfert, M., Gusikhin, O. (eds). Proceedings of the 6th International Conference on Vehicle Technology and Intelligent Transport Systems - Volume 1: iMLTrans, 653–658. DOI: 10.5220/0009806206530658.

Shesterov, E.A., Drozdova, I.V., 2016. Elaboration of a coordinated transport system in course of territorial planning of urban areas development. Transportation Research Procedia 20, 608–612. DOI: 10.1016/j.trpro.2017.01.098.

Shubenkova, K., Valiev, A., Shepelev, V., Tsiulin, S., Reinau, K.H., 2018. Possibility of digital twins technology for improving efficiency of the branded service system. 2018 Global Smart Industry Conference, GloSIC 2018. Chelyabinsk, Russia, 1–7. DOI: 10.1109/GloSIC.2018.8570075.

Smirnov, V. N., Shestakova, E. B., Chizhov, S. V., Antonyuk, A. A., Lediaev, L. A., Indeykin, I. A**., Evtukov** S. (2017). Dynamic interaction of high-speed trains with span structures and flexible support. Magazine of Civil Engineering, 76(8), 115-129. doi:10.18720/MCE.76.11.

Voitko, A., Dobromirov, V., Podoprigora, N., **Marusin**, A. (2020). Improving safety of using ambulance vehicles in large cities. Transportation Research Procedia, 50, 716-726. 10.1016/j.trpro.2020.10.084.

Zhankaziev, S., Gavrilyuk, M., Morozov, D., Zabudsky, A., 2018. Scientific and methodological approaches to the development of a feasibility study for intelligent transportation systems. Transportation Research Procedia 36, 841–847. DOI: 10.1016/j.trpro.2018.12.068.

1. Corresponding author. Tel: +7 931-2-555-919

   *E-mail address:* [*89312555919@mail.rua\**](mailto:89312555919@mail.rua*)*,* [*89271333424@mail.rub*](mailto:89271333424@mail.rub)*,* [*danilov\_ik@rudn.university*](mailto:danilov_ik@rudn.university)*c* [↑](#footnote-ref-1)