УДК 656.031.8

DOI 10.23968/1999-5571-2020-17-2-145-151

© М. А. Асаул, д-р экон. наук, профессор
(Московский автомобильно-дорожный
государственный технический университет,
Москва, Россия)

© М. А. Asaul, Dr. Sci. Ec., Professor
(Moscow Automobile and Road State
Technical University, Moscow, Russia)

© Р. Р. Сафиуллин, канд. техн. наук
(Санкт-Петербургский государственный
архитектурно-строительный университет,
Санкт-Петербург, Россия)
E-mail: safiullin@yandex.ru

© R. R. Safiullin, PhD in Sci. Tech.
(Saint Petersburg State University of Architecture
and Civil Engineering, St. Petersburg, Russia)
E-mail: safiullin@yandex.ru

МОДЕЛИ И АЛГОРИТМЫ ОПТИМИЗАЦИИ ПЕРЕВОЗОЧНОГО ПРОЦЕССА ТЯЖЕЛОВЕСНЫХ ГРУЗОВ С УЧЕТОМ ПРИМЕНЕНИЯ ИННОВАЦИОННЫХ СИСТЕМ КОНТРОЛЯ ТРАНСПОРТНОЙ РАБОТЫ

MODELS AND ALGORITHMS FOR OPTIMIZING THE TRANSPORTATION PROCESS OF HEAVY LOADS TAKING INTO ACCOUNT THE USE OF INNOVATIVE TRANSPORT CONTROL SYSTEMS

Рассмотрены модели и алгоритмы оптимизации перевозочного процесса тяжеловесных грузов для повышения их эффективности посредством минимизации размера вреда автомобильным дорогам, а также разработаны предложения, позволяющие повысить эффективность эксплуатации транспортного комплекса с помощью внедрения инновационных решений при планировании перевозочного процесса тяжеловесных грузов.

Ключевые слова: интеллектуальная мультимодальная транспортная система, стратегия транспортной системы, инновационные системы контроля, перевозочный процесс, симплекс-метод, тяжеловесные грузы.

The article considers models and algorithms for optimizing the heavy load transportation process in order to increase its efficiency by minimizing the amount of damage to motor roads. There have been developed some proposals aimed at improving the efficiency of the transport complex operation by introducing innovative solutions in terms of planning the transportation process of heavy loads.

Keywords: intelligent multi-modal transport system, transport system strategy, innovative control systems, transportation process, simplex method, heavy loads.

Введение

В соответствии со стратегией развития транспортной системы (см. цель № 2 [7, 8]) предполагается достаточно серьезное улучшение качества транспортных услуг в области организации перевозок в рамках инновационного сценария. Особого внимания требует доставка сверхнормативных грузов (крупногабаритных и (или) тяжеловесных).

Перевозка этой категории грузов является одним из самых трудоемких видов грузовых перевозок автомобильным транспортом, сопряженных с целым комплексом мер в части планирования и обеспечения. Кроме того, некоторые виды экономической деятельности, например добывающие производства, располагаются в труднодоступных местах, куда грузы можно доставить только автомобильным транспортом.

С каждым годом возрастает озабоченность владельцев автомобильных дорог сохранностью объектов транспортной инфраструктуры, что потребовало внедрения инновационных решений контроля за движением транспортных средств [9, 10, 11], появления новых дорожных сборов и ужесточения мер административной ответственности. Это привело к увеличению логистических издержек и соответственно стоимости конечного продукта, снижению уровня конкурентоспособности российских товаров и рейтинга Российской Федерации в части логистических издержек в мировом валовом внутреннем продукте (ВВП).

В статье предлагается оптимизация некоторых параметров, оказывающих влияние на процесс перевозки сверхнормативных грузов автомобильным транспортом, на стадии планирования перевозок, которые могут быть автоматизированы посредством разработки соответствующих информационных систем.

В процессе исследования движения тяжеловесных транспортных средств определены три различных уровня перевозочного процесса: федеральный, региональный и локальный. На каждом уровне в соответствии с Правилами

перевозок грузов автомобильным транспортом определены типы автомобильных дорог и допустимые осевые нагрузки [12].

В качестве первого этапа оптимизации перевозочного процесса предусматривается увеличение экономической эффективности перевозок грузов за счет снижения размера вреда автомобильным дорогам. Для этого предлагается оптимизировать маршрут движения транспортного средства, выбирая автомобильные дороги с наилучшими прочностными показателями.

Результаты исследования. Размер вреда рассчитывается в соответствии с Правилами возмещения вреда, причиняемого при перевозке тяжеловесных грузов, утвержденными постановлением Правительства РФ от 31.01.2020 № 67*. Размер вреда определяется исходя из весовых параметров транспортного средства (осевые нагрузки, общая масса) и параметров автомобильных дорог, по которым проходит маршрут этого транспортного средства.

* Постановление Правительства РФ от 31.01.2020 № 67 «Об утверждении Правил возмещения вреда, причиняемого тяжеловесными транспортными средствами, об изменении и признании утратившими силу некоторых актов Правительства Российской Федерации».

Рис. 1. Пример построения маршрута с помощью алгоритма Дейкстры

Для решения поставленной задачи проведены исследования на территории Санкт-Петербурга, в результате которых установлены допустимые нагрузки на ось для отдельных автомобильных дорог посредством определения экспериментальным путем их фактического модуля упругости [13].

Методика

С помощью математического моделирования [14] предлагается определить маршрут движения, проходящий по автомобильным дорогам с наивысшими прочностными параметрами, а значит, с наименьшим значением размера вреда.

Согласно проведенным исследованиям [13] применение алгоритма Дейкстры позволяет уменьшить расходы на перевозку тяжеловесных грузов до 48 % за счет снижения вреда автомобильным дорогам (рис. 1).

Учитывая внедрение автоматизированных систем весогабаритного контроля, способных определять нагрузки на оси и габариты транспортных средств без снижения скорости, на автомобильных дорогах всех уровней в Российской Федерации предлагаемый метод планирования особенно актуален в настоящее время [15]. Для быстрого и эффективного расчета оптимального маршрута движения предлагается использовать информационные технологии.

Пример интерфейса информационной системы приведен на рис. 2.

С учетом этого сформулирована модель оптимизации перевозочного процесса тяжеловесных грузов на основании применения инноваци-

онных систем контроля транспортной работы (рис. 3).

Для организации весового контроля разработана автоматическая система контроля движения с применением матричного QR-кода (рис. 4).

При такой организации весового контроля с применением матричного QR-кода предполагается повышение эффективности перевозочного процесса тяжеловесных грузов на 57 %. В результате сформирован алгоритм оптимизации перевозочного процесса грузов с учетом внедрения систем контроля транспортной работы АТС (рис. 5).

Заключение

Анализ показал, что в настоящее время в России такой подход применяется в складской логистике и перевозке людей легковым такси, а в грузовых перевозках многокритериальная оптимизация пока не внедряется. Применение разработанного комплексного метода — определение всех этапов перевозочного процесса и факторов, оказывающих влияние; поиск оптимального решения для каждого этапа; автоматизация процесса планирования; применение инновационных методов в организации перевозок — позволит повысить эффективность транспортной работы, снизить издержки и пр. В результате проведенного исследования предложен алгоритм оптимизации перевозочного процесса тяжеловесных грузов с учетом внедрения систем контроля транспортной работы АТС.

Рис. 2. Пример интерфейса программно-вычислительного модуля по расчету размера вреда

Рис. 3. Модель оптимизации перевозочного процесса тяжеловесных грузов с учетом применения инновационных систем контроля транспортной работы

Рис. 4. Функциональная схема организации автоматической системы весового контроля транспортных средств

Рис. 5. Алгоритм оптимизации перевозочного процесса грузов с учетом применения систем контроля транспортной работы АТС

Библиографический список

1. Асаул А. Н., Малыгин И. Г., Комашинский В. И. Интеллектуальная мультимодальная транспортная система — основа повышения транспортной безопасности РФ // Организация и безопасность дорожного

движения в крупных городах: материалы XII Междунауч.-практ. конф. СПб.: СПбГАСУ, 2016. С. 36–43.

2. Асаул М. А. Транспортная политика государственных ЕАЭС должна быть направлена на построение интеллектуальной мультимодальной транспортной системы // Междунауч.-практ. конф. «Транспорт России: проблемы и перспективы – 2016». Т. 1. СПб.:

Институт проблем транспорта им. Н. С. Соломенко РАН, 2016. С. 15–20.

3. Asaul A., Malygin I., Komashinskiy V. The Project of Intellectual Multimodal Transport System // *Transportation Research Procedia*. Vol. 20, 2017. Pp. 25–30.

4. Асаул А. Н., Малыгин И. Г., Комашинский В. И., Шаталова Н. В. Когнитивная экономика и транспорт // Технологии построения когнитивных транспортных систем : материалы Всерос. науч.-практ. конф. Институт проблем транспорта им. Н. С. Соломенко РАН, 2018. С. 21–29.

5. Асаул Н. А. Стратегические цели развития транспортной системы России // Саморазвитие, самоуправление и трансформационные изменения в инвестиционно-строительной сфере: материалы Междунар. науч. конф. Т. 1. СПб.: АНО ИПЭВ. 2013. С. 87–98.

6. Асаул Н. А. Транспортная стратегия Российской Федерации на период до 2030 года с изменениями, соответствующими современным реалиям // Научные труды ВЭО России. М.: ВЭО России, 2014. Т. 183. С. 43–57.

7. Сафиуллин Р. Н., Керимов М. А. Средства фото-видеофиксации нарушений ПДД: нормативное регулирование и практика применения. М.: Директ-Медиа, 2016. 355 с.

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

9. Safiullin R. N. Methodology for the improvement of control functions for traffic of road vehicles using systems of the automatic recording of administrative violations // *Architecture and Engineering*. 2018. № 2 (3). С. 26–33.

10. 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) EECЕ-2019.

11. Сафиуллин Р. Р. Методика многокритериальной оптимизации процесса планирования перевозок тяжеловесных грузов автомобильным транспортом: дис. ... канд. техн. наук. СПб.: СПбГАСУ, 2019.

12. 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. № 378(2019). 012069. DOI:10.1088/1755-1315/378/1/012069.

13. Сафиуллин Р. Р., Горев А. Э. К вопросу оптимизации планирования перевозочного процесса тяжеловесных грузов автомобильным транспортом // Вестник гражданских инженеров. 2018. № 5 (70). С. 190–195.

14. Design Principles for Control Systems of ADAS. Informal document WP. 29-160-15. –160th WP. 29 session, 25–28 June 2013, Geneva.

15. 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.

References

1. Asaul A. N., Malygin I. G., Komashinskiy V. *Intellektual'naya mul'timodal'naya transportnaya sistema — osnova povysheniya transportnoy bezopasnosti RF* [Intelligent multimodal transport system—the basis for improving transport security of the Russian Federation]. *Trudy XII Mezhdunar. nauchno-prakt. konf. «Organizatsiya i bezopasnost' dorozhnogo dvizheniya v krupnykh gorodakh»* 24–30 sentyabrya, 2016 [Proc. of the XII Int. sci.-pract. conf. "Organization and safety of road traffic in large cities" September 24–30, 2016]. St. Petersburg, SPbGASU Publ., 2016, pp. 36–43.

2. Asaul M. A. *Transportnaya politika gosudarstv — chlenov EAEU dolzhna byt' napravlena na postroenie intellektual'noy mul'timodal'noy transportnoy sistemy* [Transport policy of the EAEU member states should be aimed at creating an intelligent multi-modal transport system]. *Trudy Mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii «Transport Rossii: problemy i perspektivy — 2016»* [Proc. of the Int. sci.-pract. conf. "Transport of Russia: problems and prospects-2016"]. Vol. 1, St. Petersburg, 2016, pp. 15–20.

3. Asaul A., Malygin I., Komashinskiy V. The project of intellectual multimodal transport system. *Transportation Research Procedia*, vol. 20, 2017, pp. 25–30.

4. Asaul A. N., Malygin I. G., Komashinskiy V. I., Shatalova N. V. *Kognitivnaya ekonomika i transport* [Cognitive economics and transport]. *Trudy vserossiyskoy nauchno-prakticheskoy konferentsii «Tekhnologii postroeniya kognitivnykh transportnykh sistem»* [Proc. of the All-Russian scientific and practical conference "Technologies for building cognitive transport system"]. FGBUN Institut problem transporta im. N. S. Solomenko Rossiyskoy akademii nauk Publ., 2018, pp. 21–29.

5. Asaul N. A. *Strategicheskie tseli razvitiya transportnoy sistemy Rossii* [Strategic goals for the development of the Russian transport system]. *Trudy mezhdunarodnoy nauchnoy konferentsii «Samorazvitie, samoupravlenie i transformatsionnye izmeneniya v investitsionno-stroitel'noy sfere»* [Proc. of the Int. sci.-pract. conf. "Self-development, self-government and transformational changes in the investment and construction sphere"]. Vol. 1. Saint-Petersburg, IPEV Publ., 2013, pp. 87–98.

6. Asaul N. A. *Transportnaya strategiya Rossiyskoy Federatsii na period do 2030 goda s izmeneniyami*,

sootvetstvuyushchimi sovremennym realiyam [Transport strategy of the Russian Federation for the period up to 2030 with changes corresponding to the modern realities of the Russian foreign economic activity]. *Nauchnye trudy VEO Rossii – Scientific works of VEO of Russia*, 2014, vol. 183, pp. 43–57.

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

8. Safiullin R. N. *Intellektual'nye bortovye transportnye sistemy na avtomobil'nom transporte* [Intelligent onboard transport systems in automobile transport]. Moscow–Berlin, Direkt-Media Publ., 2017, 354 p.

9. Safiullin R. N. Methodology for the improvement of control functions for traffic of road vehicles using systems of the automatic recording of administrative violations. *Architecture and Engineering*, 2018, no. 2 (3), pp. 26–33.

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

11. Safiullin R. R. *Metodika mnogokriterial'noy optimizatsii protsessa planirovaniya peregovozok*

tyazhelovesnykh gruzovavtomobil'nykh transportom. Diss. kand. tekhn. nauk [Method of multi-criteria optimization of the process of planning the heavy cargo transportation by automobile transport. PhD in Sci. Tech. diss.]. St. Petersburg, SPbGASU Publ., 2019.

12. 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(2019), 012069. DOI:10.1088/1755-1315/378/1/012069.

13. Safiullin R.R., Gorev A.E. *K voprosu optimizatsii planirovaniya perevoznogo protsessa tyazhelovesnykh gruzovavtomobil'nykh transportom* [To the issue of optimization of planning of the heavy cargo transportation process by automobile transport]. *Vestnik grazhdanskikh inzhenerov – Bulletin of Civil Engineers*, 2018, no. 5 (70), pp. 190–195.

14. *Design Principles for Control Systems of ADAS*. Informal document WP.29-160-15.–160th WP.29 session, 25–28 June 2013, Geneva.

15. 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.