

УДК 656.025.4

DOI: 10.26467/2079-0619-2019-22-6-55-65

МЕТОДОЛОГИЯ ПОВЫШЕНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ И НАДЕЖНОСТИ ТРАНСПОРТНО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ МУЛЬТИМОДАЛЬНОЙ СИСТЕМЫ СЕВЕРА РОССИИ

Н.А. ФИЛИППОВА¹, В.М. ВЛАСОВ¹

¹Московский автомобильно-дорожный государственный технический университет (МАДИ),
г. Москва, Россия

Для развития экономики страны определяется перспективным развитие исследований в области использования разработанных теоретико-методологических положений и научных методов, имеющих универсальный характер, для решения важных вопросов доставки грузов потребителям всеми видами транспорта и повышения надежности перевозок за счет снижения рисков в условиях Севера России, что соответствует принятой правительством России научно-практической программе «Арктика». Использование современных средств мобильной связи, спутниковой навигации, геоинформатики, вычислительной техники является необходимым условием совершенствования управления производственно-хозяйственной деятельностью транспортных компаний, участвующих в доставке грузов для районов Севера России. В настоящее время управление процессом перевозок грузов в северные районы РФ находится на низком технологическом уровне, не используются современные технические средства и математические методы для оптимизации процесса, слабо изучено влияние особенностей климатических условий на процесс перевозки грузов северного завоза. На основе факторного анализа с использованием системного подхода и метода статистического моделирования определены меры по снижению рисков при организации и управлении перевозками грузов первой необходимости, возникающие в транспортно-технологическом процессе мультимодальных перевозок грузов для севера России с учетом требований ГОСТ Р 51901.1-2002. Это позволило повысить надежность процессов доставки грузов северного завоза на 10–15 %. Разработанная методика расчета верхней доверительной границы времени окончания и начала ледовых явлений при планировании перевозок грузов северного завоза позволила сократить время перевозки на 10–15 %, по оценкам специалистов предприятий ООО «Судоходная компания "Витим-Лес"» города Киренска.

Ключевые слова: мультимодальные транспортные системы, север России, навигация, геоинформатика, транспортно-технологическая система.

ВВЕДЕНИЕ

Доставка грузов конечному потребителю в районы севера России является сложной жизненнообеспечивающей задачей для населения этих районов, решаемой в большинстве случаев на основе мультимодального перевозочного процесса, конечный этап которого обеспечивается автомобильным транспортом. Особенностью перевозочного процесса является разнообразие грузов первой необходимости, которые требуется доставить конечному потребителю, но основными являются топливо и продукты питания. Сложность доставки определяется чрезвычайно суровым, экстремальным климатом севера РФ. На рис. 1 показаны возможные схемы перевозок различных грузов северного завоза.

Проведенное исследование существующей мультимодальной транспортной системы доставки грузов первой необходимости северного завоза позволило определить, что северным районам присущи следующие особенности: обширная территория, удаленная от экономически развитых районов страны; слабое развитие или полное отсутствие железнодорожного, авиационного и трубопроводного транспорта; слабо прогнозируемое по времени состояние участков транспортной сети, зависимое от природно-климатических условий; обязательный предварительный завоз грузов на накопительные склады железнодорожным транспортом; доставка грузов конечному потребителю автомобильным транспортом; использование перевалочных баз, где задействованы несколько видов транспорта; использование постоянных и временных путей

доставки грузов; доставка грузов первой необходимости речным транспортом в условиях жестких ограничений по срокам навигации и неопределенности начала и окончания ледовых явлений на судоходных участках рек [1].

Совокупность решаемых в работе задач является крупным научным достижением, имеющим важное социальное и хозяйственное значения для Российской Федерации¹.



Рис. 1. Основные схемы доставки грузов северного завоза конечному потребителю
Fig. 1. The main schemes of Northern goods delivery to the final consumer

ПУТИ ПОВЫШЕНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ И НАДЕЖНОСТИ ТРАНСПОРТНО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ МУЛЬТИМОДАЛЬНОЙ СИСТЕМЫ СЕВЕРА РОССИИ

Повышение эффективности и надежности функционирования транспортно-технологической мультимодальной системы северного завоза на основе оценки и управления значимыми рисками необходимо начинать с исследования и определения основных особенностей организации транспортного обслуживания; работы и взаимодействия всех видов транспорта, задействованных в доставке грузов первой необходимости для севера России [2].

¹ ГОСТ Р 54620-2011. Глобальная навигационная спутниковая система. Система экстренного реагирования при авариях. Автомобильная система вызова экстренных оперативных служб. Общие технические требования. М., 2011.

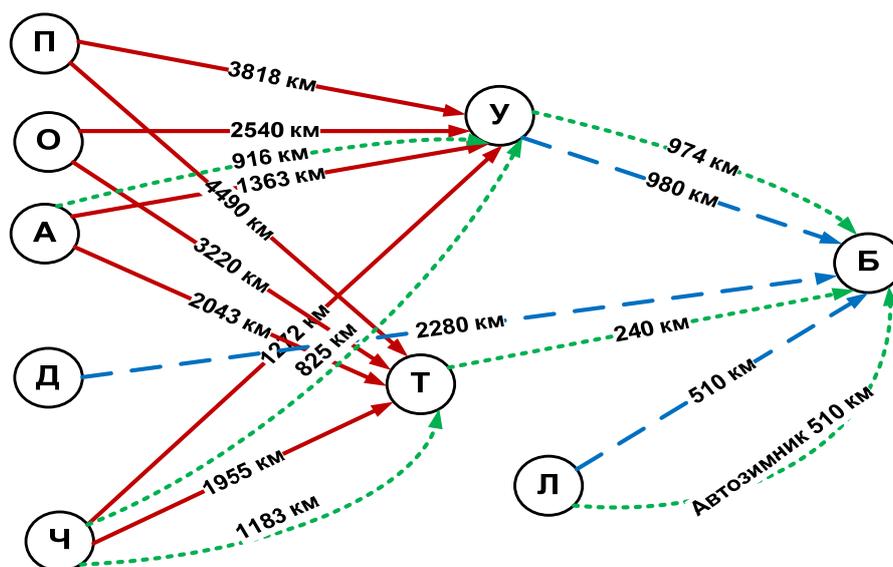


Рис. 2. Схема мультимодальной транспортной сети северного завода (П – Пермь; О – Омск; А – Ангарск; Ч – Черемхово; Д – Джебарики-Хая; Л – Ленск; У – Усть-Кут; Т – Таксимо; Б – Бодайбо, __ – железнодорожный транспорт; __ – водный транспорт; – автомобильный транспорт)

Fig. 2. Northern delivery multimodal transport network scheme (where: П – Perm; О – Omsk; А – Angarsk; Ч – Chermukhvo; Д – Djebariki-Haia; Л – Lensk; У – Usti-Kut; Т – Taksimo; Б – Bodaibo, __ – railway transport; __ – water transport; – automobile transport)

Проведенное исследование существующей мультимодальной транспортной системы (рис. 2) при перевозке грузов северного завода в северные районы Иркутской области позволило определить представленные в табл. 1 основные меры, принятие которых позволит уменьшить влияние выявленных факторов на возникновение неблагоприятных событий для планирования оптимального маршрута в мультимодально-транспортной системе [3].

Выявленные риски значимы для системы северного завода. На основании проведенного анализа и предложенных мероприятий сделан вывод, что такие мероприятия помогут снизить возможные риски как за счет снижения вероятности возникновения выявленных неблагоприятных событий, так и за счет снижения последствий в случае их возникновения.

Перевозки грузов северного завода автомобильным транспортом осуществляются как по постоянным, так и по временным автомобильным дорогам (автозимникам). Прогнозирование сроков начала и окончания перевозок грузов по автозимникам является отдельной научной задачей [4].

На сроки начала и окончания работы автозимников оказывают влияние природно-климатические явления, в результате действия которых продолжительность использования автозимников может колебаться в пределах 120–210 суток [5].

Для решения обозначенной проблемы разработан прикладной программный продукт на языке C++ для прогноза сроков начала и окончания ледовых явлений на основании обработки статических данных. В основу расчета сроков начала и окончания работы автозимников положена модель учета сезонных колебаний температуры воздуха (рис. 4), построенная на основании тригонометрической модели. Для прогнозирования сроков начала и окончания перевозок грузов по автозимникам разработана методика расчета доверительных границ этих сроков. Алгоритм расчета времени задействования автомобильного транспорта по результатам прогноза начала ледовых явлений на северных реках России показан на рис. 3.

Таблица 1
Table 1

Меры по снижению рисков при организации и управлении перевозками грузов
первой необходимости
Measures to reduce risks in the organization and management of the transport of essential goods

Основные выявленные факторы	Меры по снижению рисков от влияния факторов
I группа. Внешние факторы	
1.1. Сложные природно-климатические условия	<ol style="list-style-type: none"> 1. Разработка и использование методов прогноза возникновения сложных природно-климатических условий. 2. Использование ресурсов региональных отделений МЧС при возникновении чрезвычайных событий в процессе перевозки. 3. Использование государственных резервов в случае ЧС по причине климатических условий. 4. Использование резервных мощностей складских площадей для временного хранения грузов при невозможности завершения перевозки
1.2. Незрелость транспортной инфраструктуры	<ol style="list-style-type: none"> 1. Развитие транспортной инфраструктуры. 2. Восстановление разрушенных элементов транспортной инфраструктуры с привлечением ресурсов МЧС. 3. Использование альтернативных видов транспорта, в том числе ледоколов, грузовых судов ледового класса и автомобильных транспортных средств повышенной и высокой проходимости
1.3. Социальные	<ol style="list-style-type: none"> 1. Оповещение о ЧС. 2. Своевременное оказание различных видов помощи населению при возникновении ЧС по причине срыва северного завоза
II группа. Внутренние факторы	
2.1. Время перевозки	<ol style="list-style-type: none"> 1. Использование подвижного состава с техническими характеристиками, соответствующими условиям перевозки. 2. Оперативное планирование процесса перевозки, включая проведение сопутствующих мероприятий. 3. Использование ресурсов МЧС при возникновении экстремальных ситуаций. 4. Формирование резерва финансовых средств для использования альтернативных видов транспорта в случае срыва запланированного процесса перевозки
2.2. Техническое состояние транспортных средств в процессе перевозки	<ol style="list-style-type: none"> 1. Контроль технического состояния транспортных средств. 2. Соблюдение регламента технического обслуживания транспортных средств, разработанного с учетом специфики региона. 3. Использование дополнительного оборудования, позволяющего оперативно устранять неполадки транспортных средств. 4. Проведение инструктажа водителей по особенностям маршрута перевозки грузов
2.3. Недостаточная квалификация специалистов организаций, обеспечивающих северный завоз	<ol style="list-style-type: none"> 1. Квалификационный отбор персонала. 2. Обучение персонала. 3. Повышение квалификации. 4. Ежедневный инструктаж + мониторинг интерактивной обстановки. 5. Подготовка должностных инструкций для персонала, участвующего в организации и осуществлении северного завоза

Также разработана программа и проведен расчет верхних и нижних границ сроков окончания и начала навигации. На рис. 4 показана форма представления исходных данных в программе на примере реки Витим [6].

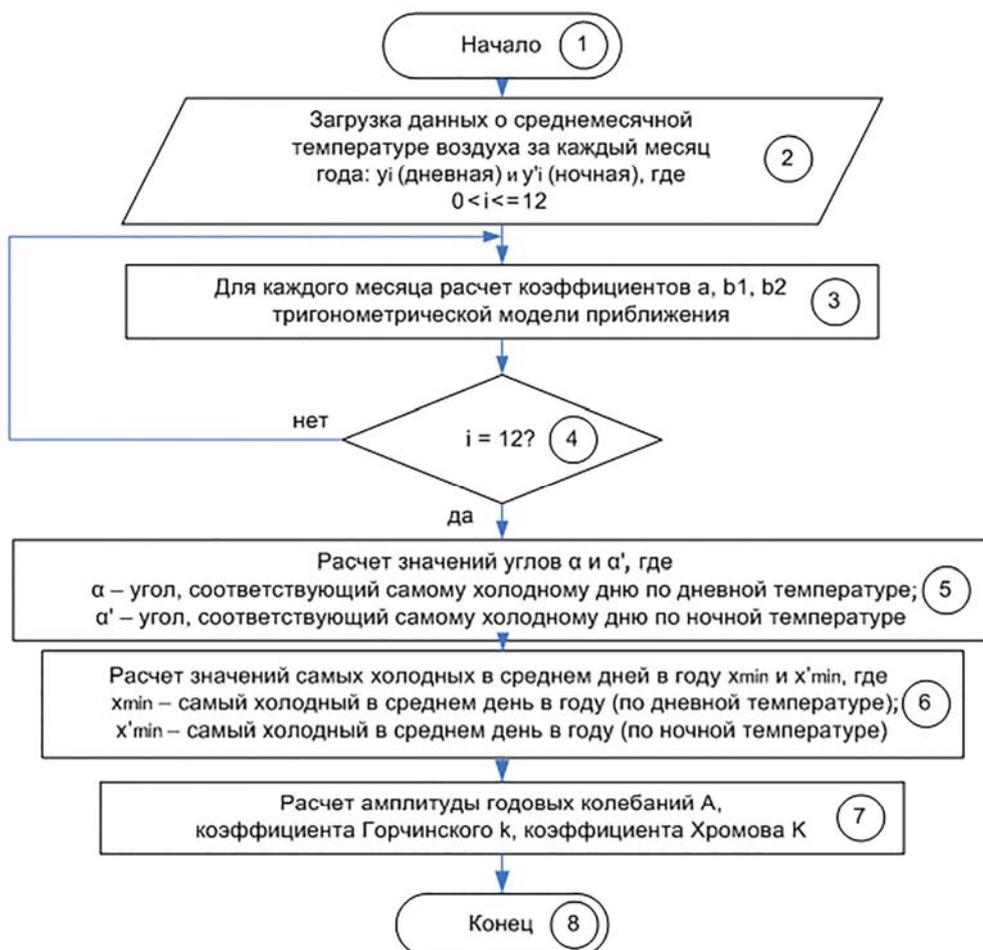


Рис. 3. Алгоритм расчета времени задействования автомобильного транспорта по результатам прогноза начала ледовых явлений на северных реках России

Fig. 3. The motor transport involvement calculation time algorithm according to the beginning of the ice phenomena on the Northern rivers of Russia

Номер	Дата начала	Дата окончания
40		21.05.1914
41	24.10.1915	21.05.1915
42	14.10.1916	23.05.1916
43	23.10.1917	17.05.1917
44	16.10.1918	26.05.1918
45	17.10.1919	01.06.1919
46	19.10.1920	11.05.1920
47		01.06.1921
48	14.10.1922	29.05.1922
49	16.10.1923	23.05.1923

17	Май	17	7
18	Май	18	7
19	Май	19	3
20	Май	20	10
21	Май	21	6
22	Май	22	6
23	Май	23	8
24	Май	24	8
25	Май	25	5
26	Май	26	8
27	Май	27	2
28	Май	28	3
29	Май	29	3
30	Май	30	1
31	Май	31	1
01	Июнь	32	2
02	Июнь	33	1

Интервалы (начало)
(13,5; 14,5) (14,5; 15,5) (15,5; 16,5) (16,5; 17,5) (17,5; 19,5) (19,5; 21,5)

Интервалы (конец)
(15,5; 17,5) (17,5; 19,5) (19,5; 20,5) (20,5; 22,5) (22,5; 23,5) (23,5; 24,5)

Мат. ожидание (начало/конец)
19,0103092783505 / 21,265306122449

Ср. кв. отклонение (начало/конец)
4,93774614756054 / 5,16769995892493

Значение критерия Пирсона (начало/конец)
15,9926952509545 / 3,44907902992177

Предполагаемая дата начала навигации
2 июня

Предполагаемая дата окончания навигации
8 октября

Рис. 4. Форма представления исходных данных о ледовых явлениях на р. Витим

Fig. 4. The form of initial ice phenomena presentation on the Vitim River



Рис. 5. Сезонные колебания температуры воздуха на основании тригонометрической модели
Fig. 5. Seasonal air temperature fluctuations data based on the trigonometric model

На рис. 6 представлен алгоритм работы программы прогнозирования сроков начала и окончания работы автозимников, построенной на основе учета сезонных колебаний температуры воздуха по статистическим данным, собранным более чем за 100 лет. Эти данные получены автором в ФГБУ «Всероссийский НИИ гидрометеорологической информации – Мировой центр данных», г. Обнинск и затем обработаны².

Разработанные программы начала и окончания ледовых явлений на северных реках и прогноза начала и окончания работы автозимников могут использоваться на всех предприятиях, работающих в аналогичных условиях севера РФ. На разработанные программы получены авторские свидетельства [12].

Разработанное программное обеспечение автоматизированной навигационной системы диспетчерского контроля и учета работы грузового автомобильного транспорта для Севера России служит не только совершенствованию и повышению эффективности и надежности перевозок грузов, но является одним из важных факторов, обеспечивающих выживание людей в суровых условиях [8].

На рис. 7 приведена схема обмена информацией участников транспортных процессов перевозок грузов северного завоза.

² Комплексное решение. Доставка Just-in-time под контролем [Электронный ресурс] // OMNICOMM. URL: <https://www.omnicomm.ru/case/db-schenker/> (дата обращения 17.07.2019).

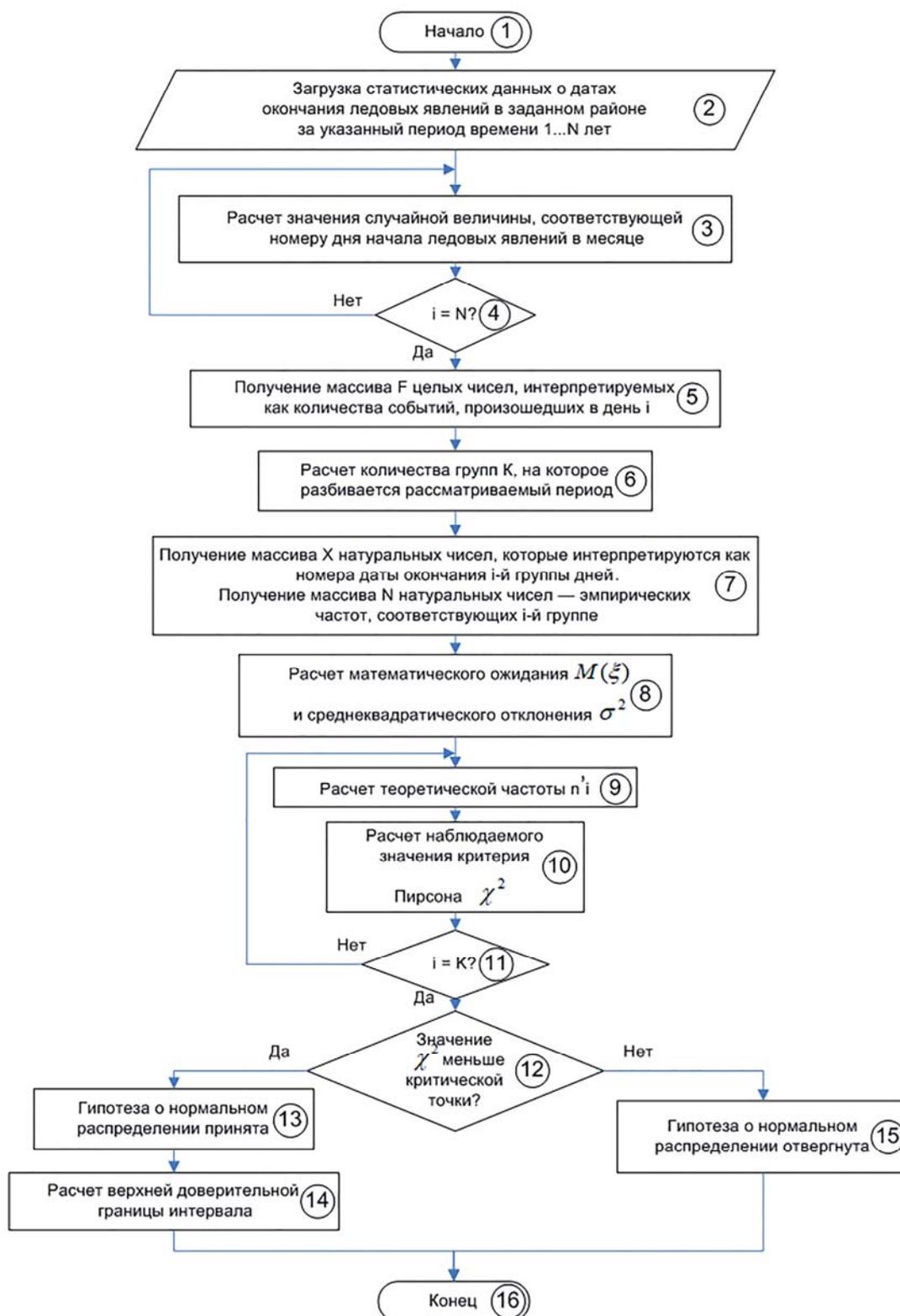


Рис. 6. Алгоритм работы программы прогнозирования сроков начала и окончания работы автозимников
Fig. 6. The program work forecasting the starting and final dates of auto-winter works algorithm

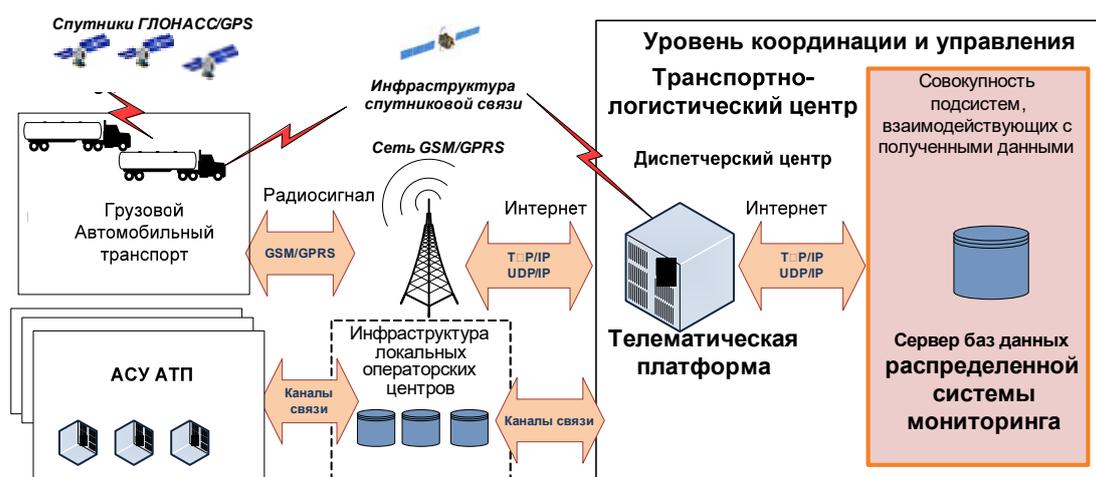


Рис. 7. Схема информационного обмена навигационной системы учета и контроля работы автомобильных транспортных средств

Fig. 7. The scheme of informational exchange for navigation system of motor vehicles record and control

Разработанный алгоритм представляет собой формальную основу для создания специализированного программного обеспечения автоматизированных диспетчерских систем контроля перевозок грузов АТ [9, 10].

Количество участников мультимодальной транспортной системы северного завоза может достигать нескольких тысяч, включая водителей транспортных средств, грузоотправителей, грузополучателей, портовые службы, железнодорожные станции и т. д. Разработка предложенной навигационной системы учета и контроля работы автомобильных транспортных средств предполагает, что все участники будут иметь возможность в любой момент подключаться к системе за счет абонентских терминалов. Навигационно-связной блок (глобальное навигационное устройство и спутниковый телефон) будет размещаться в кабине транспортного средства и с заданной периодичностью передавать навигационные данные, а при необходимости и голосовую связь). Оперативная информация непрерывно будет поступать на сервер системы от контролируемых транспортных средств.

Разработанная универсальная архитектура в сочетании с простыми алгоритмами работы и высокая пропускная способность телематического сервера позволяет подключать к системе до нескольких тысяч абонентских терминалов, для надежности данные дублируются на резервный сервер [11].

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В результате исследования на основе факторного анализа с использованием системного подхода и метода статистического моделирования определены меры по снижению рисков при организации перевозок и управлении перевозками грузов первой необходимости в транспортно-технологическом процессе мультимодальных перевозок грузов для севера России с учетом требований ГОСТ Р 51901.1-2002. Это позволило повысить надежность процессов доставки грузов северного завоза на 10–15 %.

Разработанная методика расчета верхней доверительной границы времени окончания и начала ледовых явлений при планировании перевозок грузов северного завоза позволила сократить время перевозки на 10–15 %, по оценкам специалистов предприятий ООО «Судоходная компания "Витим-Лес"» города Киренска.

Использование результатов программы прогнозирования сроков начала и окончания работы автозимников позволяет спланировать сроки своевременного переключения процессов перевозок с постоянных дорог на автозимники и обратно. Разработанный алгоритм работы программы был внедрен на автопредприятиях в ЗАО «ЗДК "ЛЕНЗОЛОТО"» города Бодайбо, ООО «Усинское АТП» города Усинска и др. По оценкам специалистов предприятий, на которых использовались предлагаемые программные продукты, это позволило увеличить объем перевозок грузов по автозимникам на 10–20 %. Правильное определение сроков допустимой эксплуатации автозимников позволит снизить транспортные риски, повысить надежность поставок жизненно важных продовольственных товаров [13], а также обеспечит эффективное использование всей полифункциональной транспортной системы северных регионов России [14].

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. **Филиппова Н.А.** Методология организации и функционирования систем доставки грузов в северные регионы: Монография / Под. ред. Беляева В.М. М.: Техполиграфцентр, 2015. 208 с.
2. **Коноплянко В.И., Кочерга В.Г., Зырянов В.В.** Использование навигационных спутниковых систем при управлении дорожным движением // «Современные проблемы дорожно-транспортного комплекса»: сборник трудов международной научно-технической конференции. Ростов-на-Дону, 1998. 108 с.
3. **Ларин О.Н.** Методология организации и функционирования транспортных систем регионов: монография / Под ред. Л.Б. Миротина. Челябинск: ЮУрГУ, 2007. 205 с.
4. **Свириденко С.С.** Совершенствованные информационные технологии. М.: Радио и Связь, 1989. 132 с.
5. **Filippova N.A.** The analytical test of methodological approaches to the increasing the level of automation of the basic functions of the car dispatching of the cargo delivery to Northern regions of the Russian Federation / V.M. Belyaev, M.V. Shilimov, P.P. Koshkarev, I.V. Odinkova // International Journal of Applied Engineering Research (IJAER). 2017. Vol. 12, no. 21. Pp. 11532–11535.
6. **Efimenko D.B., Karelina M. Y.** Technology of monitoring and control algorithm design for earth-moving machine / O.I. Maksimychev, A.V. Ostroukh, P.Yu. Zbavitel, A.M. Ivakhnenko, M.Y. Karelina // International Journal of Applied Engineering Research. 2016. Vol. 11, no. 9. Pp. 6430–6434.
7. **Vogumil V., Efimenko D.** Urban transport dispatch control system helps to increase intelligent transport systems effectiveness // 11th European transport congress, Prague, September 19–20. 2013. Pp. 20–25.
8. **Баскин А.С., Москвин Г.И.** Береговые системы управления движением судов. М.: Транспорт, 1986. 160 с.
9. **Vogumil V. N., Kudryavcev A. A., Duque-Sarango María José** Analysis of the possibility of using telematics tools for the collection and processing of data on the dynamics of passenger traffic in the Bus Rapid Transit system (for example, Quito, Ecuador) // The Revista Facultad de Ingeniería (Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia), 49–55 pp.
10. **Vogumil V., Vlasov V.** Intelligent transportation systems for road users and public transport. Saarbrücken: LAP Lamdert Academic Publishing, 2015. 153 p.
11. **Полешкина И.О.** Оценка эффективности продовольственного обеспечения районов Крайнего Севера России // Экономика региона. 2018. Т. 14, №3. С. 820–835.
12. **Полешкина И.О.** Полифункциональность транспортной системы северных регионов // Мир транспорта. 2019. Т. 17, № 2 (81). С.104–116.

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ

Филиппова Надежда Анатольевна, кандидат технических наук, доцент, доцент кафедры автомобильных перевозок Московского автомобильно-дорожного государственного технического университета (МАДИ), umen@bk.ru.

Власов Владимир Михайлович, доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой транспортной телематики Московского автомобильно-дорожного государственного технического университета (МАДИ), tr-madi@inbox.ru.

METHODOLOGY OF THE NORTH OF RUSSIA TRANSPORT AND TECHNOLOGICAL MULTIMODAL SYSTEM EFFICIENCY AND RELIABILITY IMPROVEMENT

Nadezhda A. Filippova¹, Vladimir M. Vlasov¹

¹*Moscow Automobile and Road State Technical University, Moscow, Russia*

ABSTRACT

Research in the field of the developed theoretical and methodological provisions and scientific methods application which have a universal character in the cargo delivery by all means of transport and improving the reliability of transportation by reducing risks in the North of Russia is being carried out. This research corresponds to the "Arctic" program which was adopted by the government of Russia. The application of the modern means of mobile communication, satellite navigation, Geo-informatics, information technology is an important condition for the improvement of economic activities production management of transport companies involved in the delivery of goods to the Northern regions of Russia. Currently, process management of the cargo transportation to the Northern regions of the Russian Federation is at a low technological level, modern technical means and mathematical methods for optimizing the process are not used, the influence of climatic conditions on the process of Northern delivery goods transportation is poorly studied. On the basis of factor analysis with the use of systematic approach and the method of statistical modeling, measures for reducing risks in the essential goods transportation organization and management which appear in multimodal goods transportation and technological process to the North of Russia according to the requirements of GOST R 51901.1-2002 are determined. This made it possible to increase the reliability of the Northern delivery processes by 10–15 percent. According to the experts of the LLC "Shipping company "Vitim-Les" of Kirensk the developed method of calculating the upper beginning and ending ice phenomena confidence time limit while planning the transportation of goods of Northern delivery allowed to reduce the transportation time by 10–15%.

Key words: multimodal transport systems, the North of Russia, navigation, Geo-informatics, transport and technological system.

1. Filippova, N.A. (2015). *Metodologiya organizatsii i funktsionirovaniya sistem dostavki gruzov v severnyye regiony: Monografiya* [Northern regions cargo delivery systems organization and functioning Methodology. Monograph], in Belyaev V.M. (Ed.). Moscow: publishing House Techpol-igraftsentr, 208 p. (in Russian)

2. Konoplyanko, V.I., Kocherga, V.G. and Zyryanov, V.V. (1998). *Ispolzovaniye navigatsionnykh sputnikovykh sistem pri upravlenii dorozhnym dvizheniyem* [Use of navigation satellite systems for traffic control]. Proceedings of international scientific and technical conference. "Modern problems of road-transport complex". Rostov on Don, p.108. (in Russian)

3. Larin, O.N. (2007). *Metodologiya organizatsii i funktsionirovaniya transportnykh sistem regionov: Monografiya* [Regional transport systems organization and functioning. Monograph], in Mirotin L.B. (Ed.). Chelyabinsk: SUSU, 205 p. (in Russian)

4. Sviridenko, S.S. (1989). *Sovershenstvovannyye informatsionnyye tekhnologii* [Updated information technologies]. Moscow: Radio i svyaz, 132 p. (in Russian)

5. **Filippova, N.A., Belyaev, V.M., Shilimov, M.V., Koshkarev, P.P. and Odinkova I.V.** (2017). *The analytical test of methodological approaches to the increasing the level of automation of the basic functions of the car dispatching of the cargo delivery to Northern regions of the Russian Federation*. International Journal of Applied Engineering Research (IJAER), vol. 12, no. 21, pp. 11532-11535.
6. **Efimenko, D.B., Maksimych, O.I., Ostroukh, A.V., Zbavitel, P.Yu., Ivakhnenko, A.M. and Karelina, M.Y.** (2016). *Technology of monitoring and control algorithm design for earth-moving machine*. International Journal of Applied Engineering Research, vol. 11, no. 9, pp. 6430–6434.
7. **Bogumil, V. and Efimenko, D.** (2013). *Urban transport dispatch control system helps to increase intelligent transport systems effectiveness*. 11th European transport congress, Prague, September 19–20, pp. 20–25.
8. **Baskin, A.S. and Moskvina, G.I.** (1986). *Beregovyye sistemy upravleniya dvizheniyem sudov* [Coastal ship traffic control systems]. Moscow: Transport, 160 p. (in Russian)
9. **Bogumil V. N., Kudryavcev A. A. and Duque-Sarango María José** Analysis of the possibility of using telematics tools for the collection and processing of data on the dynamics of passenger traffic in the Bus Rapid Transit system (for example, Quito, Ecuador // The Revista Facultad de Ingeniería (Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia), 49–55 pp.
10. **Bogumil, V. and Vlasov, V.** (2015). *Intelligent transportation systems for road users and public transport*. Saarbrücken: LAP Lambert Academic Publishing, 153 p.
11. **Poleshkina, I.O.** (2018). *Food supply efficiency assessment of the Russia Far North Regions*. Economy of Region, vol. 14, no. 3, pp. 820–835. (in Russian)
12. **Poleshkina, I.O.** (2019). *Polyfunctionality of the Transport System of Northern Regions*. World of Transport and Transportation, vol. 17, no. 2 (81), pp. 104–116. (in Russian)

INFORMATION ABOUT THE AUTHORS

Nadezhda A. Filippova, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor, Road Transport Chair, Moscow Automobile and Road Construction State Technical University. E-mail: umen@bk.ru.

Vladimir M. Vlasov, Doctor of Technical Sciences, Full Professor, Honoured Worker of Science of the Russian Federation, Head of Transport Telematics Chair, Moscow Automobile and Road Construction State Technical University. E-mail: ttr_madi@inbox.ru.

Поступила в редакцию 23.07.2019
Принята в печать 14.11.2019

Received 23.07.2019
Accepted for publication 14.11.2019