УДК 656.073(470.1/2)
DOI: https://doi.org/10.26518/2071-7296-2021-18-3-286-305

ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ АВТОМОБИЛЬНЫХ ПЕРЕВОЗОК В УСЛОВИЯХ КРАЙНЕГО СЕВЕРА РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

А.В. Куликов, С.Ю. Фирсова, В.С. Дорохина
ФГБОУ ВО «Волгоградский государственный технический университет», г. Волгоград, Россия

АННОТАЦИЯ

Введение. *В районах Крайнего Севера Российской Федерации находится четверть мировых запасов природного газа и нефти. Только при надежном и эффективном транспортном обеспечении возможно успешно осваивать и эксплуатировать месторождения в труднодоступных районах. Основным фактором повышения эффективности автомобильных перевозок и снижения транспортной составляющей в стоимости добываемых нефти и газа является рост производительности автотранспортных средств. В работе рассматриваются и анализируются источники роста производительности подвижной единицы (ПЕ), а также характеристики организации работы зимников в Ямало-Ненецком автономном округе (ЯНАО). Автозимники характеризуются по трем основным признакам: продолжительности эксплуатации, расположению на местности, продолжительности использования сезона. Проведен анализ деятельности одного из крупных перевозчиков ИП Анохин В.Н. Перевозчик обслуживает шесть основных месторождений и четыре базы поставок материалов. Выделено, что основная номенклатура перевозок – стальные трубы. Решена транспортная задача, в которой были оптимально закреплены потребители за поставщиками труб. Для расчетов выбран маршрут база «Коротчаево» – Пякяхинское месторождение, с объемом перевозок 2800 т. Проведен выбор подвижного состава, найден оптимальный способ размещения труб на платформе ПЕ. Определено минимальное количество ездок для перевозки всего объема труб. Разработан технологический проект и технологические схемы для перевозимого груза. Рассмотрено влияние технико-эксплуатационных показателей на производительность ПЕ. Рассчитан экономический эффект от предложенных мероприятий.*

Материалы и методы. *В работе исследована технология и организация перевозок труб на маршрутах в условиях Крайнего Севера. С целью повышения эффективности автомобильных перевозок использовалась методика выбора рационального подвижного состава и способа размещения труб на платформе ПЕ; методика определения оптимального количества ездок для перевозки заданного объема труб; методика оценки влияния технико-эксплуатационных показателей на производительность ПЕ.*

Результаты. *Экономический эффект от внедрения оптимальной технологической схемы и организации перевозок труб в условиях Крайнего Севера составляет 38 846 руб. за одну ездку. Выполнение перевозок по усовершенствованному зимнику позволяет использовать ПЕ с большей грузоподъемностью (37 т) и дает возможность транспортировать с увеличенной средней скоростью до 20 км/ч. Рекомендуемые к использованию мероприятия позволяют повысить производительность ПЕ с 0,287 т/ч до 1,156 т/ч.*

Обсуждение и заключение. *Были разработаны мероприятия по повышение эффективности автомобильных перевозок в условиях Крайнего Севера. Результаты работы применяются при организации перевозок труб на рассматриваемом предприятии.*

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: *автомобильные перевозки грузов, эффективность автомобильных перевозок, технологическая схема перевозок труб, производительность грузового автомобиля, зимники, перевозки в условиях Крайнего Севера, Ямало-Ненецкий автономный округ.*

БЛАГОДАРНОСТИ. *Авторы выражают огромную благодарность за предоставленную информацию ИП Анохин В.Н. и анонимным рецензентам за рассмотрение данной статьи.*

Поступила 12.06.21, принята к публикации 30.06.21.
Авторы прочитали и одобрили окончательный вариант рукописи.
Прозрачность финансовой деятельности: авторы не имеют финансовой заинтересованности в представленных материалах и методах. Конфликт интересов отсутствует.

Для цитирования: Куликов, А.В. Повышение эффективности автомобильных перевозок в условиях Крайнего Севера Российской Федерации / А.В. Куликов, С.Ю. Фирсова, В.С. Дорохина. – DOI: https://doi.org/10.26518/2071-7296- 2021-18-3-286-305 // *Вестник СибАДИ.* – 2021. – Т. 18, № 3(79). − С. 286-305.

© Куликов А.В., Фирсова С.Ю., Дорохина В.С., 2021

Контент доступен под лицензией
Creative Commons Attribution 4.0 License.

DOI: https://doi.org/10.26518/2071-7296-2021-18-3-286-305

IMPROVING EFFICIENCY OF CAR TRANSPORTATION IN EXTREME NORTH CONDITIONS IN RUSSIAN FEDERATION

Alexey V. Kulikov, Svetlana Y. Firsova, Victoria S. Dorokhina
Federal State Budget Educational Institution
Volgograd State Technical University,
Volgograd, Russian Federation

ABSTRACT

Introduction. *A quarter of the world's natural gas and oil reserves are located in the Far North of the Russian Federation. Only with reliable and efficient transportation support is it possible to successfully develop and exploit deposits in hard-to-reach areas. The main factor in increasing the efficiency of road transport and reducing the transport component in the cost of oil and gas is the growth of productivity of vehicles. The paper considers and analyzes the sources of productivity growth of the mobile unit (MU). The characteristics of the organization of work of winter roads in the Yamalo-Nenets Autonomous District (Yamalo-Nenets Autonomous Area) are considered. Winters are characterized by three main characteristics: operation duration, location, use of season duration. The activities of one of the major carriers, IE (individual entrepreneur) V.N. Anokhin, have been analysed. The carrier serves six major deposits and four material supply bases. It is highlighted that the main range of transportation is steel pipes. The transport problem was solved in which consumers were optimally assigned to pipe suppliers. For calculations, the route Korotchaevo base was chosen - the Pyakyakhinskoye deposit, with a traffic volume of 2800 tons. Rolling stock was selected, the optimal method for placing pipes on the MU platform was found. The minimum number of rides for transporting the entire volume of pipes has been determined. A technological design and technological schemes for the transported cargo have been developed. The influence of technical and operational indicators on the performance of MU; The economic effect of the proposed activities is calculated.*
Materials and methods. *The work explores the technology and organization of pipe transportation on routes to the conditions of the Far North of the Russian Federation. In order to increase the efficiency of road transport, we used the methodology for choosing a rational rolling stock and a method for placing pipes on the MU platform; methodology for determining the optimal number of rides for the transportation of a given volume of pipes; methodology for assessing the impact of technical and operational indicators on the productivity of MU.*
Results. *The economic effect of the implementation of the optimal technological scheme and the organization of pipe transportation in the conditions of the Far North of the Russian Federation is 38,846 rubles per trip. The transportation on an improved winter road allows the use of higher-capacity MU (37 tons) and makes it possible to transport at an increased average speed of up to 20 km/h. Recommended activities allow to increase the productivity of MU from 0.287 t/h to 1.156 t/h.*
Discussion and conclusions. *Measures were developed to improve the efficiency of road transport in the Far North of the Russian Federation. The results of the work are used in the organization of transportation of pipes on the enterprise under consideration.*

KEYWORDS: *road freight transportation, road transportation efficiency, technological scheme of pipe transportation, truck productivity, winter roads, transportation to the Far North, Yamalo-Nenets Autonomous Area.*

ACKNOWLEDGMENTS: *the authors are very grateful for the information provided by V.N. Anokhin, an individual entrepreneur, and anonymous reviewers for reviewing this article.*

Submitted 12.06.21, revised 30.06.21.
The authors have read and approved the final manuscript.
Financial transparency: the authors have no financial interest in the presented materials or methods. There is no conflict of interest.

For citation: Kulikov A.V., Firsova S.Yu., Dorokhina V.S. Improving efficiency of car transportation in extreme north conditions in russian federation. *The Russian Automobile and Highway Industry Journal*. 2021; 18 (3): 286-305. DOI: https://doi.org/10.26518/2071-7296-2021-18-3-286-305

© Kulikov A.V., Firsova S.Y., Dorokhina V.S., 2021

Content is available under the license
Creative Commons Attribution 4.0 License.

ВВЕДЕНИЕ

В России огромное количество полезных ископаемых сосредоточено в Арктике, в том числе нефти и газа. Большое количество ресурсов сконцентрировано на труднодоступных территориях Ямало-Ненецкого автономного округа (ЯНАО), в настоящее время это 238 месторождений нефти и газа в регионе; 290 млн т (18%) российской нефти; 24 млн т нефти добывается в год; 70% общенациональных разведанных запасов газа; на территории автономного округа осуществляют производственную деятельность 58 нефтегазовых предприятий, среди них «Газпром», «Газпром нефть», НК «Роснефть», НК «Лукойл», «Новатэк» и др. Полезные ископаемые Крайнего Севера обеспечивают четверть всех валютных поступлений в государственный бюджет. Здесь ежегодно добывается 20% мирового и 90% российского газа и нефти. Более того, Крайний Север – это не только мощная сырьевая база страны сегодня, это и своего рода гарант энергетической безопасности государства на многие годы вперед: здесь сосредоточена четверть всех разведанных мировых запасов природного газа и нефти [1].

Надежное транспортное обеспечение является ключевым фактором успеха при освоении и последующей эксплуатации месторождений в труднодоступных районах Крайнего Севера.

Особого внимания заслуживают вопросы совершенствования организации перевозки грузов по зимникам. ЯНАО отличается большим количеством болот, что значительно осложняет транспортировку грузов в теплое время года. Нестабильная погода и суровые климатические условия – ключевые факторы, осложняющие перевозку грузов в районах Крайнего Севера с использованием автотранспорта. Проблему создают низкие температуры, которые доминируют в регионе большую часть года; снегопады; плохое состояние дорожного покрытия, подвергающееся постоянному агрессивному воздействию; наличие непроходимых участков; отсутствие единой республиканской автотранспортной сети[1].

Активное освоение нефтегазовых месторождений на Крайнем Севере невозможно без значительных капитальных вложений в транспорт и инфраструктуру этих месторождений [2, 3].

Перевозки крупногабаритных и негабаритных грузов (а именно такие грузы чаще всего направляются в регионы Сибири и Крайнего Севера) по зимникам – сложные, сопряженные с определенными рисками и трудностями мероприятия. Отсутствие возможности точно спрогнозировать состояние дороги из-за погодных условий, а следовательно, и время в пути, необходимость проверять покрытие на прочность перед проездом многотоннажного автомобиля, обилие рек и болот, которые приходится пересекать, делают данный вид транспортировки одним из наиболее трудных. Автозимники Ямало-Ненецкого автономного округа работают, как правило, с конца декабря до середины апреля.

Для перевозки грузов в условиях Крайнего Севера используются специализированные вездеходы и грузовые автомобили на колесном и гусеничном ходу. Высокорамные полуприцепы и прицепы повышенной проходимости созданы для перемещения различных видов грузов в трудных дорожных и климатических условиях. Высокая проходимость, надежность и простота в эксплуатации делают их особо эффективными при доставке грузов на отдаленные объекты и в районы Крайнего Севера.

При организации автомобильных перевозок грузов в районах Крайнего Севера зимой нужно учитывать несколько особенностей: сезонность способа доставки; неблагоприятные климатические условия (температура в разное время в районах Крайнего Севера может достигать -50 ^{0}С; необходимость контроля состояния путей (нужно постоянно проверять прочность покрытия, прогнозировать состояние путей перед выпуском техники на линию); возможные ограничения по весу (тоннаж разрешенных грузоперевозок может снижаться при потеплениях); необходимость использования специальной техники (транспорт должен обладать высокой проходимостью, грузоподъемностью); ограниченная скорость передвижения транспорта (скорость движения техники по дорогам редко превышает 40 км/ч, на некоторых участках маршрута возможны ограничения до 5 км/ч).

Для выполнения перечисленных требований к перевозке грузов транспортные организации должны быть надежными, с хорошей

[1] Берюляев, А.А. Исследование динамики ландшафтом Крайнего Севера с применением современных методов дистанционного зондирования земли / А. А. Берюляев // Десятая Международная конференция по мерзлотоведению (TICOP): Ресурсы и риски регионов с вечной мерзлотой в меняющемся мире. Том 5: расширенные тезисы на русском языке. – Тюмень: Печатник, 2012. – С. 33-34.

© 2004–2021 Вестник СибАДИ
The Russian Automobile
and Highway Industry Journal

технической базой, иметь специализированный подвижной состав. Одним из таких предприятий является ИП Анохин В.Н.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Перечень грузов, перевозимых крупными перевозчиками в условиях Крайнего Севера, многообразен: блок дозирования, блок-модуль технологический, вагон-дом, вагон-сушилка, гипс технический, жилой вагон, здание мобильное, кабель, электроды, отводы, калий хлористый, кальций хлористый, кондиционеры, контейнеры, корпус емкости (трал), краска, профлисты, лаборатория, металлоконструкции, мраморная крошка, оголовок факельный, отстойник нефти, плита ПДН, подогреватель нефти, портландцемент, резервуар 100 м^3, рулон ОЦ, сепаратор газовый, смазочные материалы, сталь оцинкованная S-0,5, ствол высокого давления, ствол низкого давления, труба в ассортименте, цемент тампонажный, электрическое оборудование и другие.

На рисунке 1 представлена информация об объемах перевозок основной номенклатуры грузов по месяцам 2019 г.

Трубы занимают 65% от общего объема перевозок основной номенклатуры грузов. За последние пять лет АО «Арктикнефтегазстрой» является абсолютным лидером в объеме потребляемых услуг по перевозке грузов (42,4%). Максимальный объем перевозок грузов у основных клиентов приходится на февраль и март.

К зимним автомобильным дорогам – автозимникам – относятся сезонные дороги с полотном и дорожной одеждой из снега, льда и мерзлого грунта. Автозимники характеризуются по трем основным признакам:

а) по продолжительности эксплуатации: регулярные, возобновляемые каждую зиму в течение ряда лет по одной и той же трассе; временные, используемые в течение одного или двух зимних сезонов; разового пользования, служащие для разового пропуска колонн автомобилей;

б) по расположению на местности: сухопутные, прокладываемые по суше; ледовые, прокладываемые по льду рек, озер, водохранилищ или морей; ледяные переправы через водотоки на сухопутных автозимниках и автомобильных дорогах постоянного действия;

в) по продолжительности использования сезона: обычные, предназначенные для эксплуатации только в период с устойчивыми отрицательными температурами воздуха; автозимники с продленными сроками эксплуатации, обеспечивающие проезд в течение зимнего и части (или всего) летнего периода года.

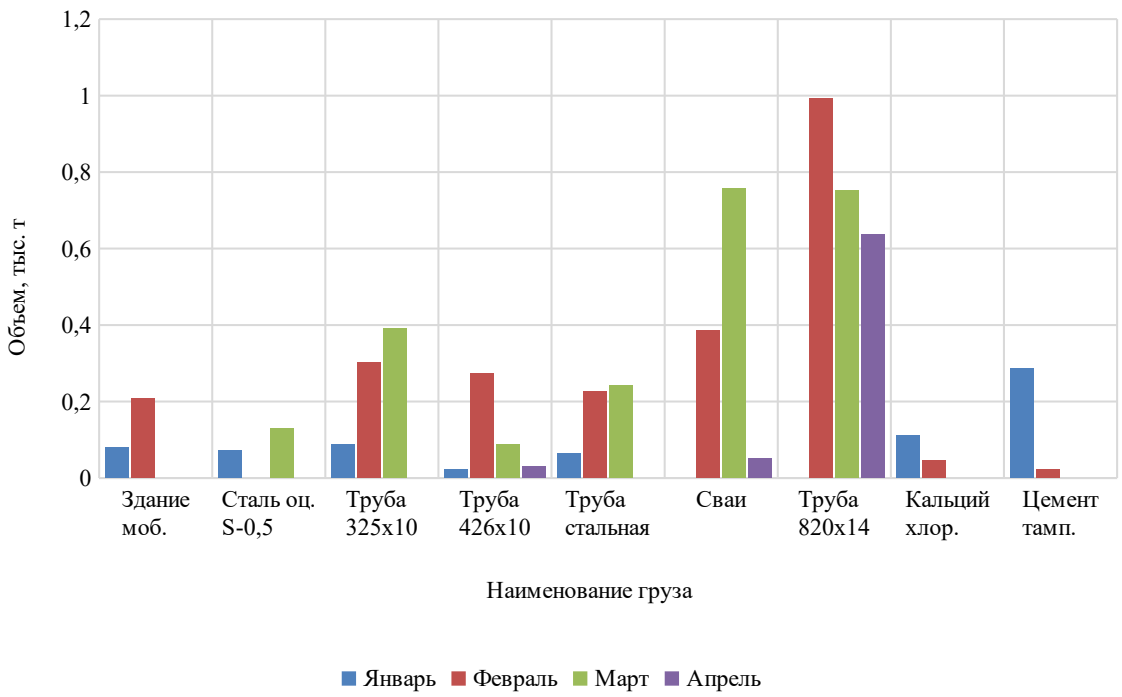


Рисунок 1 – Изменение объемов перевозок основной номенклатуры грузов по месяцам 2019 г.

Figure 1 – Change in the volume of transportation of the main range of goods by months of 2019

© 2004–2021 Вестник СибАДИ
The Russian Automobile
and Highway Industry Journal

На рисунке 2 представлен объем поставляемой продукции постоянными клиентами за 2015–2019 гг.

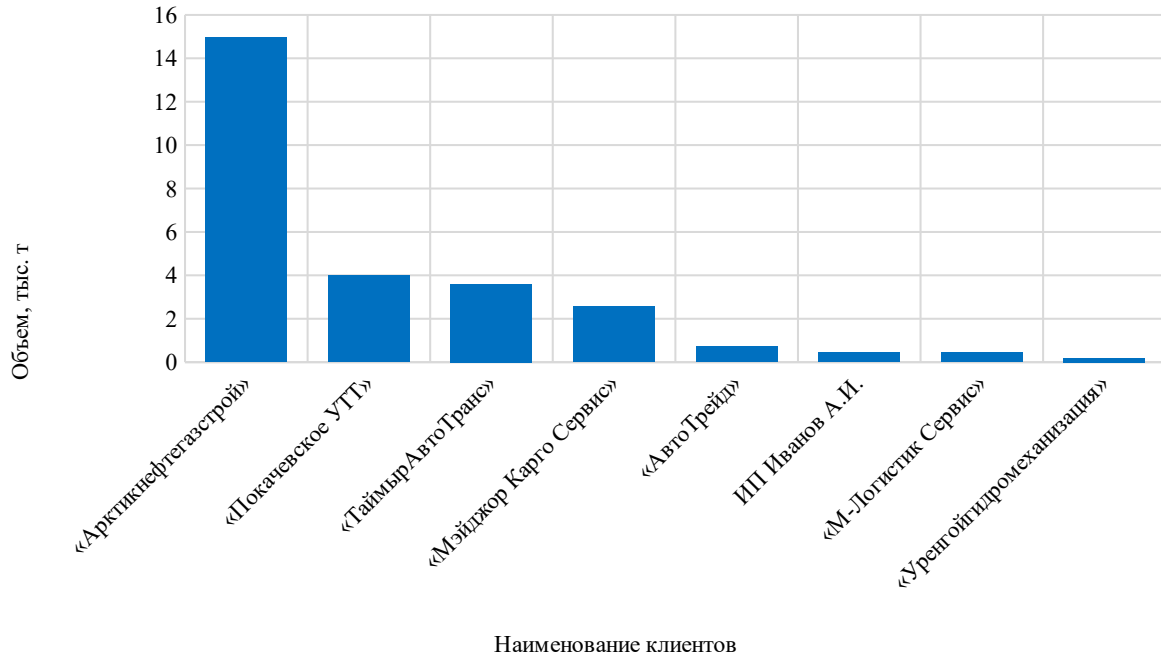


Рисунок 2 – Объем поставляемой продукции для постоянных клиентов за 2015–2019 гг.

Figure 2 – Volume of products supplied to regular customers for 2015-2019

На рисунке 3 представлено изменение объемов перевозок грузов по основным клиентам по месяцам 2019 г.

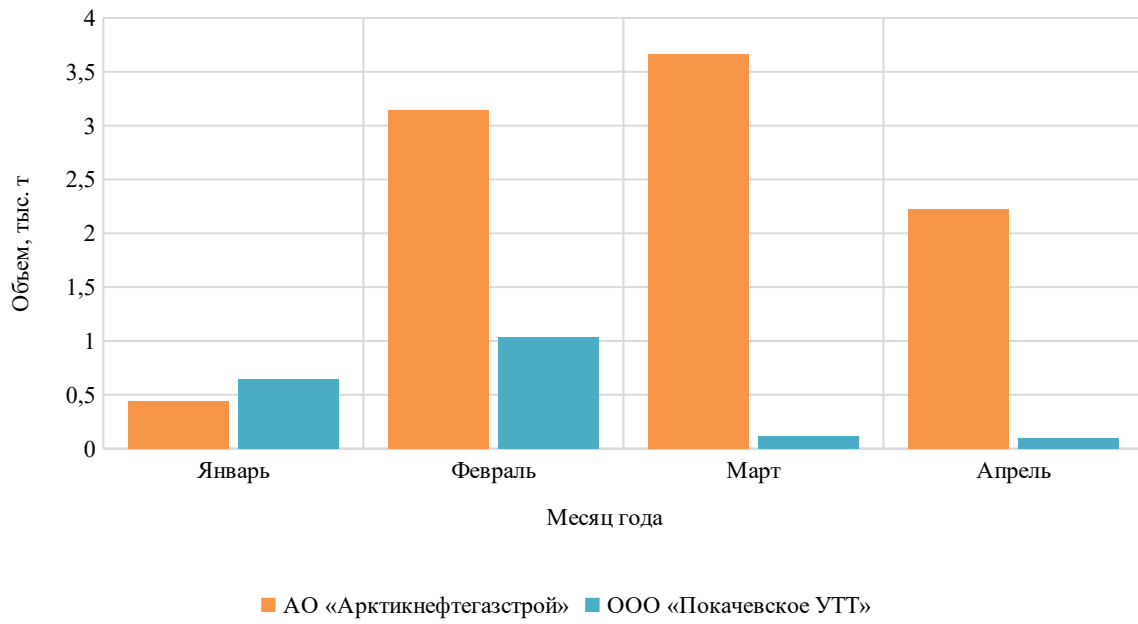


Рисунок 3 – Изменение объемов перевозок грузов по основным клиентам по месяцам 2019 г.

Figure 3 – Change in the volume of cargo transportation by major customers by months of 2019

© 2004–2021 Вестник СибАДИ
The Russian Automobile
and Highway Industry Journal

Регулярные и временные автозимники в зависимости от расчетного годового грузопотока или расчетной интенсивности движения делятся на три категории: I – с перспективой (на 3–5 лет) грузопотока свыше 100 тыс. т в год или с расчетной интенсивностью движения, приведенной к автомобилю грузоподъемностью 5 т, свыше 500 авт./сут; II – с перспективой грузопотока от 50 до 100 тыс. т в год или с расчетной интенсивностью движения от 150 до 500 авт./сут; III – с перспективой грузопотока до 50 тыс. т в год или с расчетной интенсивностью движения до 150 авт./сут.

Автозимники проектируют с учетом типов транспортных средств и организации перевозок во времени по мере изменения несущей способности полотна автозимника. Согласно рекомендациям, изложенным в ВСН 137-89, автозимники должны отвечать следующим требованиям: сооружаться быстрыми темпами из местных строительных материалов при максимальной механизации работ; выдерживать расчетные нагрузки всех видов транспортных средств (колесные, гусеничные, санные поезда) и обеспечивать их проезд с расчетными скоростями в течение требуемого срока эксплуатации; легко восстанавливаться после разрушения от воздействия транспортных средств и природных условий.

Несущая способность автозимника от толщины промерзшего слоя, основные параметры поперечного профиля и расчетные скорости движения автомобилей регулярных и временных автозимников в зависимости от их категорий, применяемых в ЯНАО, приведены в таблице 1.

Таблица 1
Характеристика автозимников, применяемых в ЯНАО

Table 1
Characteristics of car winters used in the Yamal-Nenets Autonomous Area

Показатель	Значение показателя в зависимости от категории автозимника		
	I	II	III
Число полос движения	2	2	2
Ширина полосы движения, м	4	3,5	3
Ширина проезжей части, м	8	7	6
Ширина обочин, м	2	1,5	1,5
Ширина полотна автозимника, м	12	10	9
Основная расчетная скорость, км/ч	70	60	50
Допустимая расчетная скорость на пересеченных участках местности, км/ч	50	40	30
Допустимая расчетная скорость на горных участках местности, км/ч	40	30	25
Ориентировочная толщина промерзшего слоя при грузоподъемности 30 т, см	45	53	62
Ориентировочная толщина промерзшего слоя при грузоподъемности 35 т, см	47	56	66
Ориентировочная толщина промерзшего слоя при грузоподъемности 40 т, см	51	60	71
Ориентировочная толщина промерзшего слоя при грузоподъемности 45 т, см	53	62	72
Ориентировочная толщина промерзшего слоя при грузоподъемности 50 т, см	55	64	75

© 2004–2021 Вестник СибАДИ
The Russian Automobile
and Highway Industry Journal

Основные месторождения и базы ЯНАО представлены на рисунке 4.

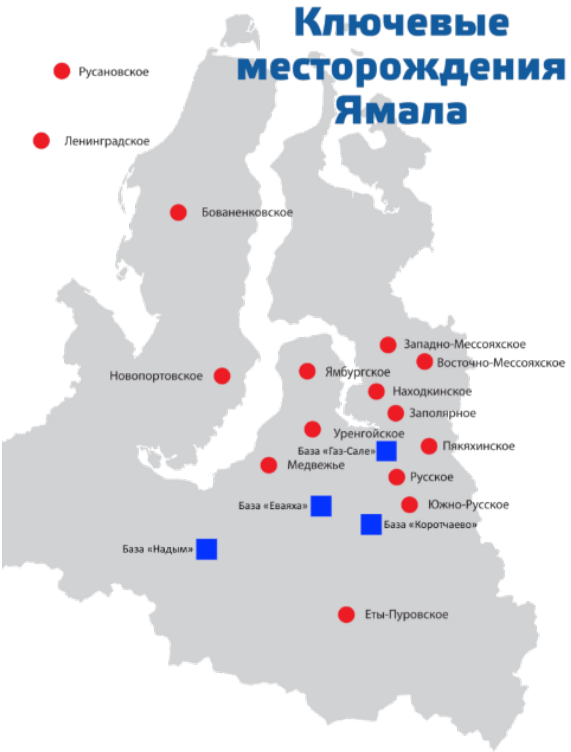


Рисунок 4 – Ключевые месторождения и базы ЯНАО

Figure 4 – Key deposits and bases of the Yamal-Nenets Autonomous Area

Нефтяная и газовая промышленность является крупнейшим потребителем различных видов труб. Для этой отрасли созданы трубы уникальных конструкций. Стальные трубы диаметром 820 и 426 мм пользуются наибольшим спросом в нефтегазовой отрасли для транспортировки нефти и газа. Основная характеристика труб представлена в таблице 2.

При существующем в настоящее время условии организации перевозок труб рассматриваемым крупным автотранспортным предприятием возможно составление плана задания перевозок с обеспечением выполнения оптимального закрепления потребителей труб за поставщиками. На практике возможно решить транспортную задачу. Поставка труб производится с четырех баз складирования на шесть месторождений. В таблице 3 приводится оптимальное закрепление потребителей за поставщиками, полученное путем решения транспортной задачи методом потенциалов. Идею метода потенциалов впервые предложил Л.В. Конторович. Запись и решение транспортной задачи методом потенциалов выполняется в таблично-матричной форме. Решение такой задачи сводится к выбору транспортных маршрутов, по которым продукция различных предприятий перевозится на несколько конечных пунктов назначения2. В реальности, задача не может быть сбалансирована3. В нашем случае предложение больше спроса. Условия задачи записываются в таблицу 3, в которую вводится фиктивный столбец Р с ограничением по спросу, равный разности между предложением и спросом. Так как груз никуда не вывозится, то в углах клеток столбца Р ставятся нули. Задачу решают по алгоритму метода потенциалов, рассматривая столбец Р как потребитель груза.

Таблица 2
Характеристика перевозимого груза

Table 2
Characteristics of the transported cargo

Характеристика	Тип А	Тип Б
Размер труб, мм	(426+10)x11500	(820+14)x11550
Вес труб, кг	1204	3262
Количество труб, шт.	342	730
Марка стали	ст 20; ст3сп5	ст 10Г2ФБЮ
ГОСТ	10704–91; 10705–80	10706–76, 10704–91

[2] Грузовые автомобильные перевозки: учебник. Допущено УМО вузов по образованию в области транспортных машин и транспортно-технологических комплексов / А. В. Вельможин, В. А. Гудков, Л. Б. Миротин, А. В. Куликов. – 3-е изд., испр. – Москва: Горячая линия – Телеком, 2015. – 560 с.

[3] Грузовые автомобильные перевозки: монография / В. И. Николин, Е. Е. Витвицкий, С. М. Мочалин; Сиб. гос. автомоб.-дорож. акад. (СибАДИ). – Омск, 2004. – 480 с.

© 2004–2021 Вестник СибАДИ
The Russian Automobile
and Highway Industry Journal

Таблица 3
Оптимальное закрепление потребителей за поставщиками

Table 3
Optimal assignment of consumers to suppliers

Базы	Названия месторождений							
	Южно-Русское	Русское	Пякяхинское	Медвежье	Уренгойское	Заполярное	*P*	Запасы
Коротчаево	108 500	186	323 2800	275	439	358	0	3300
Надым	435	513	614	307 600	471 300	661	0	1900
Еваяха	193	209 400	357 200	190	354 700	381	0	1300
Газ-Селе	159	76	107	270	225	96 800	0	800
Потребности	500	400	3000	600	1000	800	1000	7300

Минимальная транспортная работа составит:

$$P(x) = 108 \cdot 500 + 323 \cdot 2800 + 307 \cdot 600 + 471 \cdot 300 + 209 \cdot 400 + \\ + 357 \cdot 200 + 354 \cdot 700 + 96 \cdot 800 = 1763{,}5 \text{ тыс. т} \cdot \text{км}$$

Схема оптимальных грузопотоков представлена на рисунке 5.

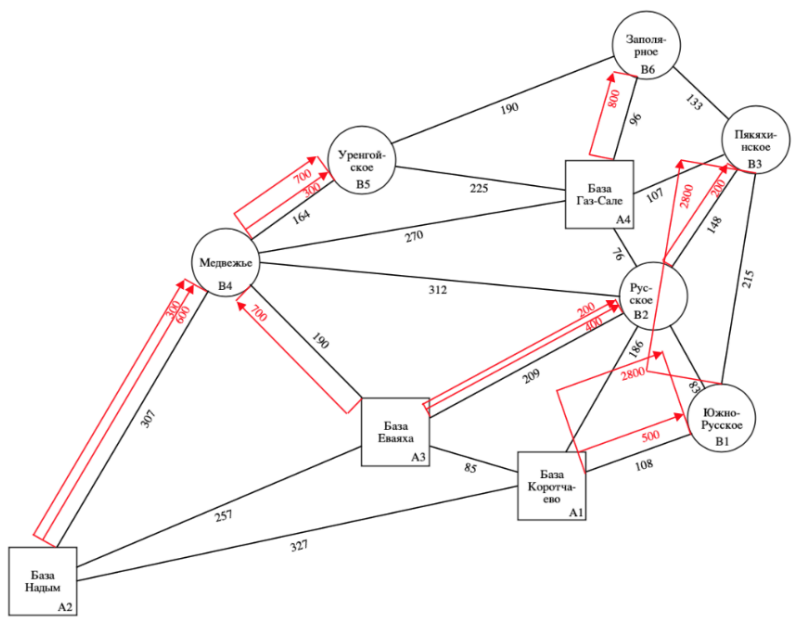


Рисунок 5 – Схема грузопотоков по обслуживаемым месторождениям и базам ЯНАО

Figure 5 – Scheme of cargo flows for serviced depositss and bases in YNAA

© 2004–2021 Вестник СибАДИ
The Russian Automobile
and Highway Industry Journal

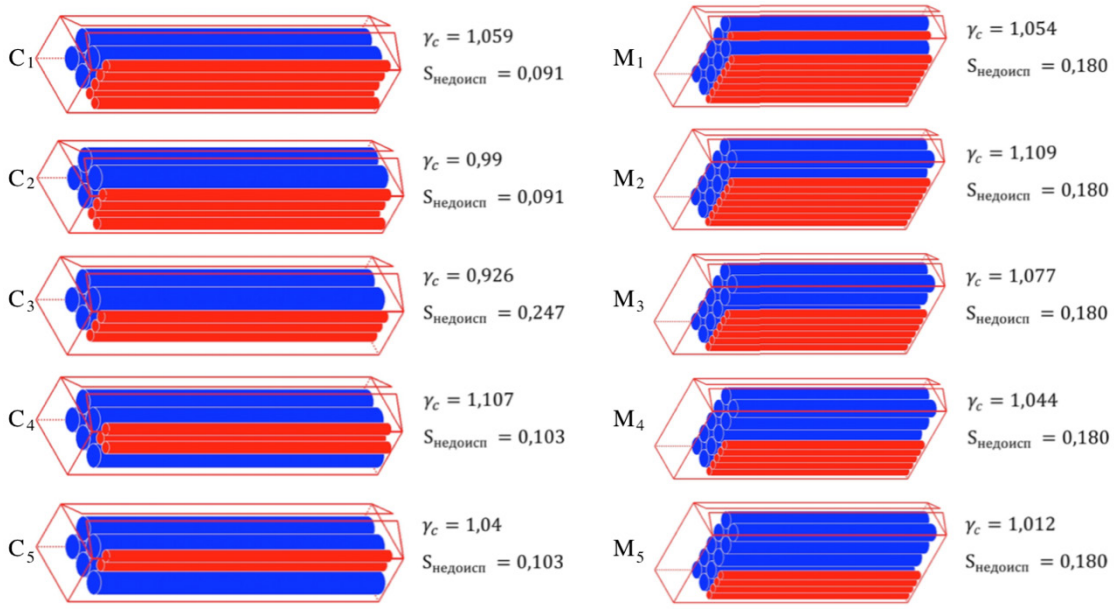


Рисунок 6 – Способы размещения стальных труб в подвижных единицах для двух зимников

Figure 6 – Methods for placing steel pipes in movable units for two winterers

Наибольший объем перевозок получен на маршруте база «Коротчаево» – Пякяхинское месторождение (2800 т за четыре месяца перевозки по зимникам). Перевозку труб возможно осуществлять по существующему варианту зимника и по усовершенствованному (предлагаемому варианту). Второй тип зимника требует дополнительных затрат и ресурсов, но он обеспечивает большую скорость и грузоподъемность используемых автомобилей.

Для существующего зимника грузоподъемностью до 35 т и средней скоростью движения 10 км/ч применяется пара седельный тягач Урал 44202-3511-82М и бортовой полуприцеп УЗСТ 9175-11Б2.

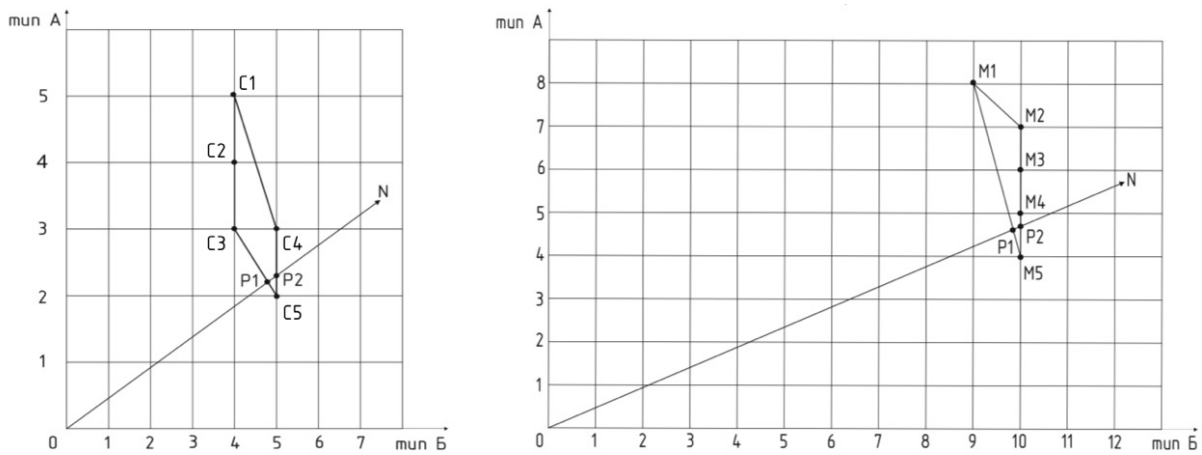
Для предлагаемого (усовершенствованного) зимника грузоподъемностью до 60 т и средней скоростью движения 20 км/ч применяется пара седельный тягач КамАЗ-65221-53 и бортовой полуприцеп ЧМЗАП-99065.

На рисунке 6 представлены возможные способы размещения труб на двух платформах полуприцепов. Определим возможные способы размещения труб на подвижной единице (ПЕ) и количество труб типа $\mathrm{A} - a_i$ и типа $\mathrm{B} - b_i$ при использовании -го способа размещения.

Для определения оптимального способа размещения перевозимых труб применим графоаналитический метод. Необходимо учитывать, что графоаналитический метод может быть использован только в том случае, если задача содержит два, максимум три неизвестных. Вопросы размещения штучных грузов и тары хорошо рассмотрены в работах [4, 5, 6]. Графическая часть представляет собой варианты способов размещения труб и поиск оптимальных вариантов согласно условию комплектности перевозки (рисунок 7, а, б), а математическая часть включает математическую модель с ограничениями и зависимость для определения минимального количества ездок[4].

Для определении минимального числа ездок ПЕ при условии, что все трубы будут перевезены, математическая модель будет иметь вид:

[4] Вельможин А.В., Куликов А.В., Фирсова С.Ю. К вопросу определения минимального количества ездок автомобиля при перевозке ЖБИ на строящийся объект // Изв. ВолгГТУ. Серия «Наземные транспортные системы». Вып. 3: межвуз. сб. науч. ст. / ВолгГТУ. – Волгоград. 2010. № 10. С. 134–135.



а б

Рисунок 7 – Графоаналитический метод определения оптимальных способов размещения труб в подвижной единице: а – седельный тягач Урал 44202-3511-82М и бортовой полуприцеп; б – седельный тягач КамАЗ-65221-53 и бортовой полуприцеп

Figure 7 – Grapho-analytical method of determination the optimal methods of placing pipes in a movable unit: a) Ural 44202-3511-82M sadel tractor and onboard semi-trailer; b) KAMAZ-65221-53 truck tractor and onboard semi-trailer

минимизировать

$$X_1 + X_2 + X_3 + X_4 + X_5 \to \min$$

при ограничениях

$$a_1X_1 + a_2X_2 + a_3X_3 + a_4X_4 + a_5X_5 \geq A;$$
$$b_1X_1 + b_2X_2 + b_3X_3 + b_4X_4 + b_5X_5 \geq B;$$
$$X_1 \geq 0, X_2 \geq 0, X_3 \geq 0, X_4 \geq 0, X_5 \geq 0,$$

где X_i — число ездок ПЕ при использовании -го способа размещения труб; a_i — число труб типа *А*, размещенных на ПЕ при i–м способе размещения; b_i — число труб типа *В*, размещенных на ПЕ при i–м способе размещения.

Нормальный вектор $\vec{N}$ пересекает два многоугольника в точках P_1 и P_2 Точка P_2 имеет большие координаты, чем P_1 следовательно, координатам точки P_2 соответствует более полная загрузка ПЕ. Полученные значения координат точек P_2 в обоих случаях на графиках могут иметь дробные значения, а переменные в приведенных уравнениях, описывающих ограничения, должны быть только целочисленными. Поэтому необходимо рассматривать комбинацию двух способов загрузки платформ ПЕ. Точки P_2 лежат на отрезках (C_4, C_5) и (M_4, M_5) следовательно, возможно использовать комбинированные способы загрузки ПЕ. Какую-то долю ПЕ загрузим по способу $i - [(C_4\ M_4)]$, а оставшуюся по способу $j - [(C_5, M_5)]$.

Для зимника грузоподъемностью до 35 т и средней скоростью движения 10 км/ч необходимо выполнить 50 ездок при загрузке полуприцепа по четвертому способу размещения труб и 96 ездок по пятому способу размещения. Для зимника грузоподъемностью до 60 т и средней скоростью движения 20 км/ч необходимо совершить 50 ездок при загрузке полуприцепа по четвертому способу размещения труб и 23 ездки по пятому способу размещения.

На базе «Коротчаево» для погрузки труб используется автокран КС-45717К-3Р «Ивановец». На Пякяхинском месторождении для разгрузки труб используется автокран КС-55713-3К-4 «Клинцы».

Подготовка процесса перевозки грузов включает в себя экономическую, техническую и организационную подготовку [7, 8]. Экономическая подготовка связана с внедрением прогрессивной технологии, механизации погрузочно-разгрузочных работ, совершенствованием планирования, управления и организации перевозочного процесса. Техническая подготовка состоит в разработке технологических проектов перевозки грузов в установленный срок и соответствующей эффективности.

© 2004–2021 Вестник СибАДИ
The Russian Automobile
and Highway Industry Journal

Организационная подготовка перевозочного процесса должна обеспечить такую систему работы транспорта, при которой исключаются любые производственные потери и все ресурсы используются с наивысшей эффективностью [8, 9, 10, 11, 12]. Изменение условий внешней среды, в которой функционируют производственные системы автомобильного транспорта, требует постоянной корректировки исходных данных, описывающих систему[5]. Прогнозирование – один из ключевых методов получения требуемой информации для описания функционирования системы. На сегодняшний день динамическим методом прогнозирования уделяется большое внимание в России и за рубежом. В статье Mathematical Model of Statistical Identification of Car Transport Informational Provision [13] авторы рассматривают эффективные принципы и технологию разработки динамической модели прогнозирования функционирования автомобильного транспорта.

Для перевозки труб разработан технологический проект. Исходные данные для расчета технологических схем процесса перевозки труб приведены в таблице 4.

Эффективная транспортно-технологическая схема процесса перевозки труб выбирается на основе технико-экономического анализа всех возможных альтернативных вариантов. В качестве критерия оптимизации принимается сумма приведенных затрат [14, 15, 16].

Если сопоставимых вариантов транспортно-технологических схем несколько с приблизительно равными приведенными затратами, то предпочтение отдается варианту, который обеспечивает сокращение времени доставки; возможность применения средств автоматизированного управления процессом транспортирования; гибкость транспортного процесса; более высокий уровень механизации и автоматизации погрузо-разгрузочных и складских работ.

Технологическая схема перевозок для существующего зимника рассмотрена на примере (C_5) – пятого способа размещения стальных труб в полуприцепе, а для усовершенствованного зимника на примере (M_4) – четвертого способа размещения.

Технологическая схема, представленная на рисунке 8, с описанием в таблице 5 эффективна для зимника грузоподъемностью до 35 т и скоростью движения 10 км/ч; а технологическая схема, приведенная на рисунке 9, с описанием в таблице 6 является наиболее оптимальной для зимника грузоподъемностью до 60 т и скоростью движения 20 км/ч.

Таблица 4
Исходные данные для расчета технологических схем

Table 4
Initial data for the calculation of technological schemes

Показатель	Значения для тех. схемы 1	Значения для тех. схемы 2
Грузопоток, G [т/год]	2 793,03	
Продолжительность работы погрузочного пункта, [ч]	8	
Продолжительность работы разгрузочного пункта, [ч]	8	
Количество рабочих дней в году, [дней]	119	
Расстояние между пунктами, [км]	323,3	
Техническая скорость автомобиля, [км/ч]	10	20
Грузоподъемность автомобиля, [т]	18	37
Себестоимость использования автомобиля, [руб./ч]	1500	1700
Себестоимость использования погрузчика, [руб./ч]	2000	
Себестоимость использования разгрузчика, [руб./ч]	2000	

[5] Войтенков С. С., Витвицкий Е. Е. Совершенствование оперативного планирования перевозок грузов помашинными отправками в городах: монография / С. С. Войтенков, Е. Е. Витвицкий. − Омск: СибАДИ, 2013.− 175 с.

© 2004–2021 Вестник СибАДИ
The Russian Automobile
and Highway Industry Journal

Таблица 5
Работы, выполняемые при перевозке труб на существующем зимнике

Table 5
Work performed during the transportation of pipes on an existing winter road

№ операции	Наименование работы	Транспортные средства и ПРС		Продолжи-тель-ность операции, мин	Стоимость, руб.
		ПС	ПРС		
1–2	Ожидание погрузки	Урал 44202-3511-82М+УЗСТ 9175-11Б2	–	5	125,00
2–3	Маневрирование автомобиля в пункте погрузки	Урал 44202-3511-82М+УЗСТ 9175-11Б2	–	3	75,00
3–4	Строповка груза	Урал 44202-3511-82М+УЗСТ 9175-11Б2	Ивановец КС-45717К-3Р	5	291,67
3–5	Оформление до-кументов в пункте погрузки	Урал 44202-3511-82М+УЗСТ 9175-11Б2	–	5	125,00
4–6	Погрузка	Урал 44202-3511-82М+УЗСТ 9175-11Б2	Ивановец КС-45717К-3Р	14	816,67
6–7	Транспортирование	Урал 44202-3511-82М+УЗСТ 9175-11Б2	–	1940	48500,00
7–8	Ожидание разгрузки	Урал 44202-3511-82М+УЗСТ 9175-11Б2	–	5	125,00
8–9	Маневрирование автомобиля в пункте разгрузки	Урал 44202-3511-82М+УЗСТ 9175-11Б2	–	3	75,00
9–10	Расстроповка груза	Урал 44202-3511-82М+УЗСТ 9175-11Б2	Клинцы КС-55713-3К-4	5	291,67
9–11	Оформление доку-ментов в пункте раз-грузки	Урал 44202-3511-82М+УЗСТ 9175-11Б2	–	5	125,00
10–12	Разгрузка	Урал 44202-3511-82М+УЗСТ 9175-11Б2	Клинцы КС-55713-3К-4	17	991,67
12–13	Возврат автомобиля в пункт погрузки	Урал 44202-3511-82М+УЗСТ 9175-11Б2	–	1940	48500,00
Итого				3937	99791,67

© 2004–2021 Вестник СибАДИ
The Russian Automobile
and Highway Industry Journal

Таблица 6
Работы, выполняемые при перевозке труб на усовершенствованном зимнике

Table 6
Work performed during the transportation of pipes on an advanced winter road

№ операции	Наименование работы	Транспортные средства и ПРС		Продолжительность операции, мин	Стоимость, руб.
		ПС	ПРС		
1–2	Ожидание погрузки	КамАЗ-65221-53+ЧМЗАП-99065	–	5	141,67
2–3	Маневрирование автомобиля в пункте погрузки	КамАЗ-65221-53+ЧМЗАП-99065	–	3	85,00
3–4	Строповка груза	КамАЗ-65221-53+ЧМЗАП-99065	Ивановец КС-45717К-3Р	10	616,67
3–5	Оформление документов в пункте погрузки	КамАЗ-65221-53+ЧМЗАП-99065	–	5	141,67
4–6	Погрузка	КамАЗ-65221-53+ЧМЗАП-99065	Ивановец КС-45717К-3Р	30	1850,00
6–7	Транспортирование	КамАЗ-65221-53+ЧМЗАП-99065	–	970	27483,33
7–8	Ожидание разгрузки	КамАЗ-65221-53+ЧМЗАП-99065	–	5	141,67
8–9	Маневрирование автомобиля в пункте разгрузки	КамАЗ-65221-53+ЧМЗАП-99065	–	3	85,00
9–10	Расстроповка груза	КамАЗ-65221-53+ЧМЗАП-99065	Клинцы КС-55713-3К-4	10	616,67
9–11	Оформление документов в пункте разгрузки	КамАЗ-65221-53+ЧМЗАП-99065	–	5	141,67
10–12	Разгрузка	КамАЗ-65221-53+ЧМЗАП-99065	Клинцы КС-55713-3К-4	35	2158,33
12–13	Возврат автомобиля в пункт погрузки	КамАЗ-65221-53+ЧМЗАП-99065	–	970	27483,33
Итого				2041	60945,01

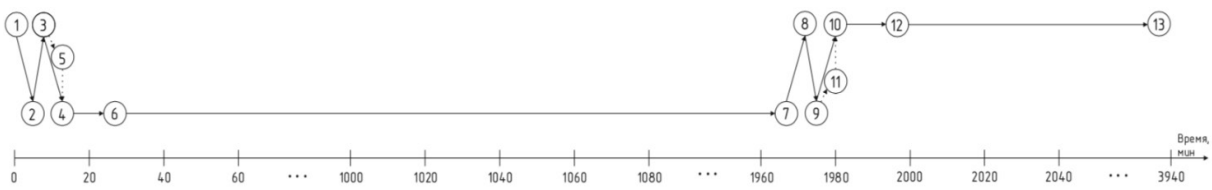


Рисунок 8 – Технологическая схема перевозки стальных труб по зимнику грузоподъемностью до 35 т (скорость движения 10 км/ч)

Figure 8 – Technological scheme of transportation of steel pipes along the winter road with a loading capacity up to 35 t (speed 10 km / h)

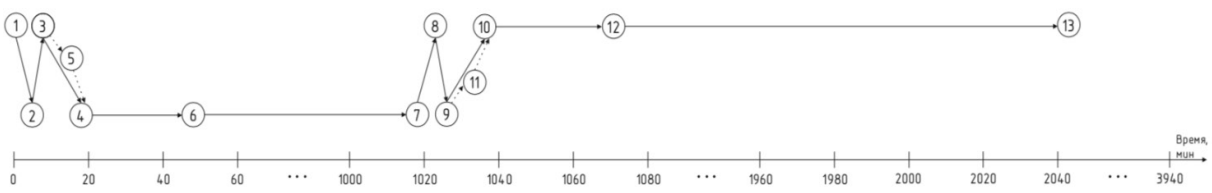


Рисунок 9 – Технологическая схема перевозки стальных труб по зимнику грузоподъемностью до 60 т (скорость движения 20 км/ч)

Figure 9 – Technological scheme of transportation of steel pipes along the winter road with a loading capacity up to 60 t (speed 20 km/h)

© 2004–2021 Вестник СибАДИ
The Russian Automobile
and Highway Industry Journal

Таблица 7
Значение приращения ТЭП при увеличении производительности на 15%

Table 7
The value of the growth of the fuel and energy sector with an increase in productivity by 15%

Показатель	Обозначение	Единица измерения	Значение показателей		Приращение, %
			Базо- вое	Прогнозируемое	
Производительность автомобиля		т/ч	0,287	0,330	15
Номинальная грузоподъемность		т	18	20,70	15
Коэффициент использования пробега		-	0,5	0,576	15,138
Коэффициент использования грузоподъемности		-	1,04	1,196	$0,9 \le \gamma_c \le 1,1$
Техническая скорость		км/ч	10	11,514	15,138
Время простоя		ч	0,518	-7,983	-

В таблице 7 и на рисунке 10 представлено изменение технико-эксплуатационных показателей (ТЭП) работы автомобильного транспорта при увеличении производительности автомобиля на 15% для существующего зимника.

Анализ данных, представленных в таблице 7 и на рисунке 10 показал, что наибольшее влияние на производительность автомобиля оказывает изменение грузоподъемности ПЕ.

Особенно важным является существующая возможность увеличения значения скорости транспортирования в два раза (с 10 до 20 км/ч), что даёт ощутимый прирост в производительности ПЕ. В работе [17] автор провел исследование влияния увеличения скорости сообщения ПЕ на снижение себестоимости перевозок при организации дальних перевозок грузов. В настоящее время существует и широко используется большое количество разнообразных методик и методов по оценке эффективности функционирования грузовых автотранспортных средств в различных условиях эксплуатации [18, 19, 20, 21, 22, 23, 24, 25, 26].

Современное состояние перевозок грузов отличается системным, комплексным подходом к организации и планированию перевозок как составной и связующей части функционирования в целом хозяйственной деятельности человека. Решается задача достижения минимальных затрат во всей системе, а не в отдельных ее элементах, частях и подсистемах, в том числе и в подсистеме перевозки грузов автомобильным транспортом. Для формирования правильного направления в поиске путей повышения эффективности автомобильных перевозок в условиях Крайнего Севера крайне важным является выполнение послания действующего президента В.В. Путина Федеральному собранию (2018 г.): «...Для дальнейшего изменения структуры национальной экономики, наращивания её конкурентоспособности необходимо на принципиально ином уровне задействовать источники роста. Где они? Прежде всего – увеличить производительность труда на новой технологической, управленческой и кадровой основе. По этому показателю мы всё ещё заметно отстаём. Необходимо добиться, чтобы производительность труда на средних и крупных предприятиях базовых отраслей (это промышленность, строительство, транспорт, сельское хозяйство и торговля) росла темпами не ниже 5% в год, что позволит к концу следующего десятилетия выйти на уровень ведущих экономик мира. Хочу подчеркнуть, что повышение производительности труда – это и рост заработных плат, а значит, и потребительского спроса. Это, в свою очередь, дополнительный драйвер для развития экономики…».

Поиск путей повышения производительности грузовых автомобилей позволит разработать и определить оптимальные режимы функционирования ПЕ, снизить себестоимость перевозок и сократить долю транспортных затрат в конечной стоимости перевозимой продукции. Производительность грузового автомобиля определяется выражением

© 2004–2021 Вестник СибАДИ
The Russian Automobile
and Highway Industry Journal

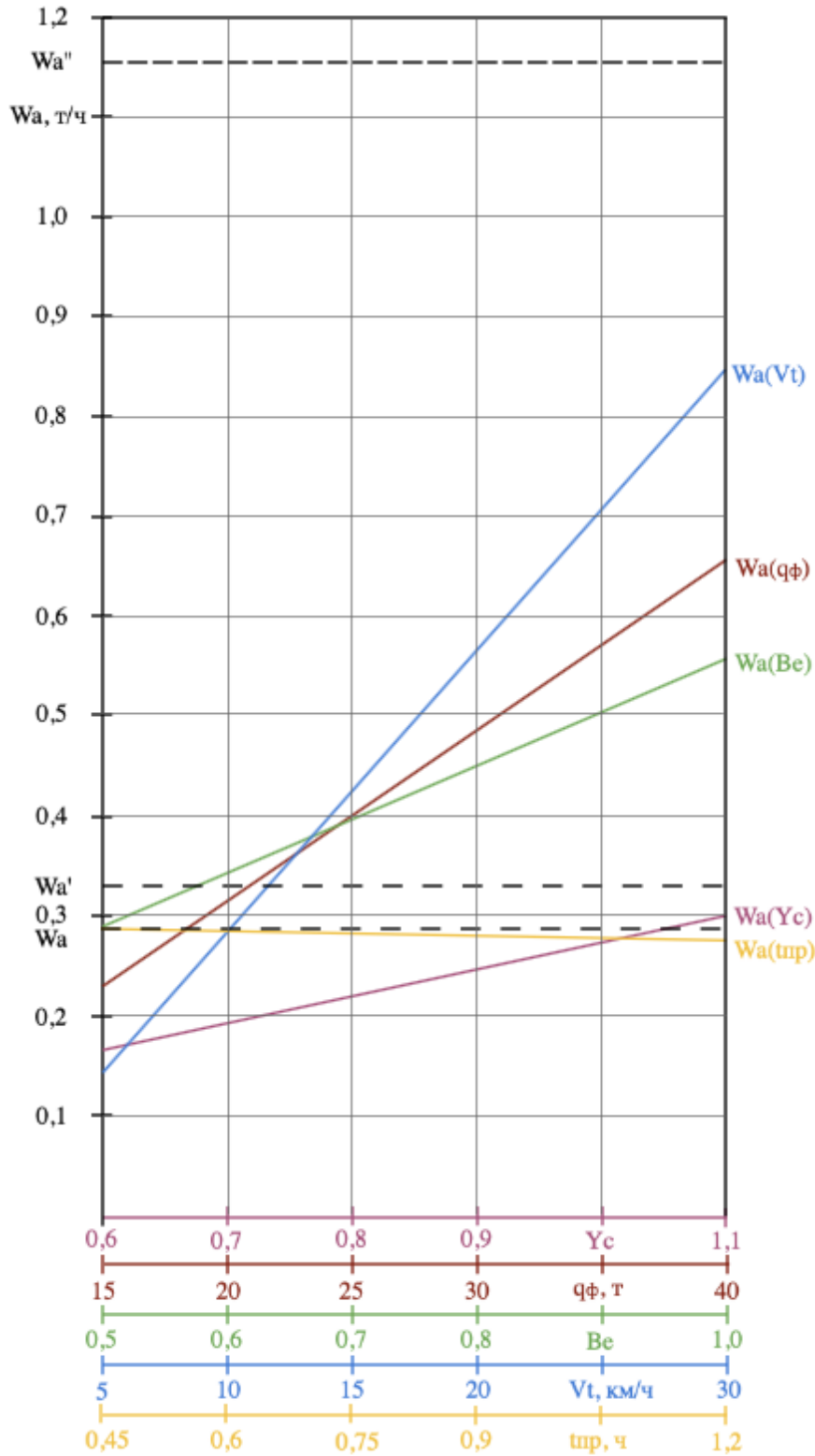


Рисунок 10 – Характеристический график производительности автомобиля

Figure 10 – Characteristic graph of car performance

© 2004–2021 Вестник СибАДИ
The Russian Automobile
and Highway Industry Journal

$$W_а = \frac{q_н \cdot \gamma_с \cdot \beta_е \cdot v_т}{l_{ег} + t_{пр} \cdot \beta_е \cdot v_т}, \quad (1)$$

где $W_а$ — производительность грузового автомобиля, т/ч;
$q_н$ — номинальная грузоподъемность, т;
$\gamma_с$ — коэффициент использования грузоподъемности;
$\beta_е$ — коэффициент использования пробега;
$v_т$ — техническая скорость, км/ч;
$l_{ег}$ — длина ездки с грузом, км;
$t_{пр}$ — время простоя под погрузкой-разгрузкой, ч.

Для действующего зимника производительность автомобиля составляет

$$W'_а = \frac{18 \cdot 1{,}04 \cdot 0{,}5 \cdot 10}{323{,}3 + 0{,}518 \cdot 0{,}5 \cdot 10} = 0{,}287 \text{ т/ч}.$$

Для усовершенствованного (предлагаемого варианта) зимника производительность автомобиля составит

$$W''_а = \frac{37 \cdot 1{,}044 \cdot 0{,}5 \cdot 20}{323{,}3 + 1{,}084 \cdot 0{,}5 \cdot 20} = 1{,}156 \text{ т/ч}.$$

В результате обеспечивается положительный прирост производительности

$$\Delta W_а = W''_а - W'_а, \quad (2)$$

$$\Delta W_а = 1{,}156 - 0{,}287 = 0{,}869 \text{ т/ч}.$$

Проведем технико-экономическое обоснование двух ранее рассмотренных технологических схем процесса перевозки труб. Исходные данные для оценки эффективности внедрения на предприятие выбранной технологической схемы представлены в таблице 8.

Экономический эффект за транспортный цикл определяется по формуле

$$Э = З_1 - З_2, \quad (3)$$

где $З_1$ — атраты на одну ездку по технологической схеме № 1, руб.;
$З_2$ — затраты на одну ездку по технологической схеме № 2, руб.

$$Э = 99791{,}67 - 60945{,}01 = 38846{,}66 \text{ руб}.$$

Время транспортного цикла по технологической схеме № 2 меньше по схеме № 1 на 31,6 часа. Организация перевозок труб по схеме № 2 гораздо эффективнее, чем по схеме № 1. Эффект составляет 38846,66 руб. за одну ездку.

Таблица 8
Исходные данные для расчета экономической эффективности

Table 8
Initial data for calculating economic efficiency

Показатели	Технологическая схема №1	Технологическая схема №2
Номинальная грузоподъемность, т	18	37
Средняя скорость транспортирования, км/ч	10	20
Время погрузки, ч	0,234	0,5
Время транспортирования, ч	32,334	16,167
Время разгрузки, ч	0,284	0,584
Время транспортного цикла, ч	65,617	34,017
Себестоимость часа работы автомобиля, руб./ч	1500	1700
Затраты на выполнение одной ездки, руб.	99791,67	60945,01

© 2004–2021 Вестник СибАДИ
The Russian Automobile
and Highway Industry Journal

РЕЗУЛЬТАТЫ

На территории Ямало-Ненецкого автономного округа насчитывается 238 месторождений нефти и газа. Транспортное обеспечение является важным фактором успеха при освоении и последующей эксплуатации месторождений в труднодоступных районах ЯНАО. Особого внимания заслуживают грузоперевозки по зимникам. Автозимники Ямало-Ненецкого автономного округа работают с конца декабря до середины апреля (четыре месяца). Грузовые перевозки через зимник в ЯНАО являются одним из самых основных и опасных видов доставки. Во многих труднодоступных населенных пунктах это единственная возможная транспортная связь.

Нефтяная и газовая промышленность является крупнейшим потребителем различных видов труб. Стальные трубы диаметром 820 и 426 мм пользуются наибольшим спросом в нефтегазовой отрасли для транспортировки нефти и газа.

Одним из основных и надежных перевозчиков в зимний период является ИП Анохин В.Н., он перевозит буровое оборудование, химические реагенты, портландцемент, гипс, мраморную крошку, дорожные плиты, трубы, вагон-дома, металлоконструкции, пиломатериалы (лес, доска, брус), смазочные материалы и стальные трубы в ЯНАО.

Трубы занимают 65% от общего объема перевозок основной номенклатуры грузов. За последние пять лет АО «Арктикнефтегазстрой» является абсолютным лидером в объеме потребляемых услуг по перевозке грузов (42,4%). Максимальный объем перевозок грузов у основных клиентов приходится на февраль и март.

Для зимника грузоподъемностью до 35 т и средней скоростью движения 10 км/ч необходимо совершить 50 ездок при загрузке полуприцепа по четвертому способу размещения труб и 96 ездок по пятому способу размещения.

Для зимника грузоподъемностью до 60 т и средней скоростью движения 20 км/ч необходимо совершить 50 ездок при загрузке полуприцепа по четвертому способу размещения труб и 23 ездки по пятому способу размещения.

Были разработаны технологические схемы для двух вариантов зимников. По первой технологической схеме время транспортного цикла составляет 3937 мин; во второй – 2041 мин.

Экономическая эффективность при внедрении второй технологической схемы, относительно используемой ранее первой, составляет 38846,66 руб. за одну ездку.

Экономическая эффективность перевозок заданного объема труб (50 ездок) составляет 1,942 млн руб., и это только небольшая часть эффекта по отношению к возможному интегральному эффекту от всех перевозок грузов, выполняемых по зимнику второго варианта.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В статье были разработаны и представлены мероприятия по повышение эффективности автомобильных перевозок в условиях Крайнего Севера. Результаты работы применяются при организации перевозок труб на рассматриваемом предприятии ИП Анохин В.Н.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Филиппова Н.А., Ефименко Д.Б., Ледовский А.А. Обеспечение эффективности транспортных процессов в районах Крайнего Севера // Мир транспорта. 2018. 16 №4.С. 150–159.

2. Касаткин Р. Г. Перспективы освоения газовых ресурсов Арктики // Региональная экономика. 2007. № 12. С. 24–25.

3. Полешкина И.О. Полифункциональность транспортной системы северных регионов // Мир транспорта. 2019. 17 №2. С. 104–116. https://doi.org/10.30932/1992-3252-2019-17-2-104-116

4. Илесалиев Д.И. Увеличение массы партии грузов за счѐт рационального выбора транспортной тары // Научно-технический вестник Брянского государственного университета. 2018. № 1. С. 97–105.

5. Маликов О.Б., Коровяковский Е.К., Илесалиев Д.И. Логистика пакетных перевозок штучных грузов // Известия Петербургского университета путей сообщения. 2014. № 4 (41). С. 51–57.

6. HE, P., LI, J., 2018. Vehicle routing problem with partly simultaneous pickup and delivery for the cluster of small and medium enterprises. Archives of Transport, 45(1), 35-42. DOI: https://doi.org/10.5604/01.3001.0012.0940

7. Куликов А.В., Фирсова С.Ю., Советбеков Б. Совершенствование организации перевозок экспортных зерновых культур // Вестник Кыргызско-Российского славянского университета (Бишкек). 2019. Т. 19. № 4. С. 46–52.

8. Фирсова С.Ю., Куликов А.В., Советбеков Б. Роль транспортной логистики в обеспечении экзистенциональной безопасности человека // Вестник Кыргызско-Российского славянского университета (Бишкек). 2019. Т. 19. № 8. С. 97–101.

9. Lukinskiy V, Pletneva N, Gorshkov V, Druzhinin P (2017) Application of the Logistics “Just in Time” Concept to Improve the Road Safety. Transportation Research Procedia, 20: 418-424. DOI: https://doi.org/10.1016/j.trpro.2017.01.068.

10. Kulikov A.V., Firsova S.Y. (2020) Effectiveness of Road Transport Technology in Modern Housing

© 2004–2021 Вестник СибАДИ
The Russian Automobile
and Highway Industry Journal

Systems. In: Radionov A., Kravchenko O., Guzeev V., Rozhdestvenskiy Y. (eds) Proceedings of the 5th International Conference on Industrial Engineering (ICIE 2019). ICIE 2019. Lecture Notes in Mechanical Engineering. Springer, Cham. https://doi.org/10.1007/978-3-030-22063-1_874.

11. Витвицкий Е.Е., Юрьева Н.И. Практика оперативного планирования затрат на перевозку грузов в городах // Вестник СибАДИ. 2012. № 6 (28). С. 18–25.

12. Юсупова О.А. Анализ качества обслуживания грузоотправителей-частных лиц // Мир транспорта. 2020. 18 №2. С. 214–224. https://doi.org/10.30932/1992-3252-2020-18-214-224.

13. Skrypnikov A.V., Dorokhin S.V., Kozlov V.G., Chernyshova E.V. Mathematical Model of Statistical Identification of Car Transport Informational Provision // Journal of Engineering and Applied Sciences. 2017. Vol. 12, iss. 2. Pp. 511-515.

14. Куликов, А.В. Сокращение транспортных затрат при перевозке строительных грузов за счёт увеличения технической скорости подвижного состава / А.В. Куликов, С.Ю. Фирсова, С.В. Дорохин // Мир транспорта и технологических машин. - 2020. - № 1 (68). - 79-86.

15. Некрасов А.Г., Беляев В.М., Миротин Л.Б., Волков В.Д., Спирин И.В. Логистический инжиниринг на автомобильном транспорте // Вестник Московского автомобильно-дорожного государственного технического университета (МАДИ). 2017. №1(48). С. 3–12.

16. Витвицкий Е.Е., Войтенков С.С. Сравнение результатов применения различных технологий доставки строительных грузов в городах // Автотранспортное предприятие. 2009. № 5. С. 43–45.

17. Дорохин С.В. Оптимизация дальности перевозки и рациональной скорости сообщения на автомобильных дорогах // Известия Тульского государственного университета. Технические науки. 2014. № 9(2). С. 212–218.

18. Филиппова А.Н., Беляев М.В., Чилимов В.М. Аналитическая проверка методических подходов к повышению уровня автоматизации основных функций автомобильной диспетчеризации доставки грузов в северные регионы РФ // Международный журнал прикладных инженерных исследований. 2017. Т. 12. № 21. С. 11532–11535.

19. Озорнин С.П., Тарасов И.А. Методики и результаты оценки эффективности эксплуатации грузовых автотранспортных средств в условиях холодного климата // Вестник Иркутского государственного технического университета. 2018. Т.22. №3 (134). С. 234–243 https://doi.org/10.21285/1814-3520-2018-3-234-243.

20. Шаповал Д.В., Витвицкий Е.Е. Обоснование применения метода маршрутизации автомобильных перевозок грузов мелкими отправками в городах // Грузовое и пассажирское автохозяйство. 2010. № 5. С. 16–21.

21. Витвицкий Е.Е., Федосеенкова Е.С. Влияние времени простоя при выполнении погрузочно-разгрузочных работ на функционирование совокупности микросистем при перевозке грузов автомобильным транспортом общего пользования // Вестник СибАДИ. 2017. № (3(55)). С. 41–47. https://doi.org/https://doi.org/10.26518/2071-7296-2017-3(55)-41-47.

22. Демин В.А., Ойрих С., Ефименко Д.Б. Модель определения оптимальных траекторий перемещения партий грузов // Мир транспорта. 2019. 17(2). С. 56–62. https://doi.org/10.30932/1992-3252-2019-17-2-56-62.

23. Айтбагина Э.Р., Витвицкий Е.Е. Влияние расстояния на результаты работы группы автомобилей при перевозке грузов грузоотправителем // Вестник СибАДИ. 2017. № 56 (4-5(56-57)). С.14 – 24. https://doi.org/https://doi.org/10.26518/2071-7296-2017-4-5(56-57)-14-24.

24. Федосеенкова Е.С., Витвицкий Е.Е. Влияние времени простоя под погрузочно-разгрузочными работами на функционирование совокупности малых ненасыщенных систем перевозок строительных грузов автомобильным транспортом общего пользования // Вестник СибАДИ. 2017. № 56 (4-5(56-57)). С. 47 – 61. https://doi.org/https://doi.org/10.26518/2071-7296-2017-4-5(56-57)-47-61.

25. Jacyna-Gołda, I., Kłodawski, M., Lewczuk, K., Łajszczak, M., Chojnacki, T., Siedlecka-Wójcikowska, T., 2019. Elements of perfect order rate research in logistics chains. Archives of Transport, 49(1), 25-35. DOI: https://doi.org/10.5604/01.3001.0013.2771

26. Tolebayeva A. Kh., Vitvitskiy E.E. and Markelova T.V. Enhancement of the efficiency of transportation of the company's own cargo in operational scheduling // IOP Conf. Series: Materials Science and Engineering. 2019. Vol. 632. https://doi.org/https://doi.org/10.1088/1757-899X/632/1/012063.

REFERENCES

1. Filippova N.A., Efimenko D.B., Ledovsky A.A. Obespechenie effektivnosti transportnyh processov v rajonah Krajnego Severa [Efficiency of transport processes in the Far North]. *Mir transporta,* 2018, 16(4):150-159. (In Russian)

2. Kasatkin R. G. Perspektivy osvoeniya gazovyh resursov Arktiki [Prospects for the development of gas resources in the Arctic]. *Regional'naya ekonomika*, 2007, 12: 24-25.

3. Poleshkina I.O. Polifunkcional'nost' transportnoj sistemy severnyh regionov [Polyfunctionality of the Transport System of Northern Regions]. *Mir transporta,* 2019, 17(2): 104-116. https://doi.org/10.30932/1992-3252-2019-17-2-104-116

4. Ilesaliev D. I. Uvelichenie massy partii gruzov za schèt racional'nogo vybora transportnoj tary [Increase in the mass of the cargo lot due to the rational choice of transport packaging]. *Nauchno-tekhnicheskij vestnik Bryanskogo gosudarstvennogo universiteta,* 2018, 1: 97-105.

5. Malikov O. B., Korovyakovskij E. K., Ilesaliev D. I. Logistika paketnyh perevozok shtuchnyh gruzov [Logistics of package transportation of individual goods]. I*zvestiya Peterburgskogo universiteta putej soobshcheniya,*2014, 4 (41): 51-57.

© 2004–2021 Вестник СибАДИ
The Russian Automobile
and Highway Industry Journal

6. HE P., LI J. Vehicle routing problem with partly simultaneous pickup and delivery for the cluster of small and medium enterprises. Archives of Transport, 2018, 45(1): 35-42. DOI: https://doi.org/10.5604/01.3001.0012.0940

7. Kulikov A. V., Firsova S. Yu., Sovetbekov B. Sovershenstvovanie organizacii perevozok eksportnyh zernovyh kul'tur [Improvement of the organization of transportation of export grain crops]. *Vestnik Kyrgyzsko-Rossijskogo slavyanskogo universiteta,* 2019, 19(4): 46-52.

8. Firsova S. Yu., Kulikov A. V., Sovetbekov B. Rol' transportnoj logistiki v obespechenii ekzistencional'noj bezopasnosti cheloveka [The role of transport logistics in ensuring existential human security]. *Vestnik Kyrgyzsko-Rossijskogo slavyanskogo universiteta,* 2019, 19(8): 97-101.

9. Lukinskiy V., Pletneva N., Gorshkov V., Druzhinin P. Application of the Logistics "Just in Time" Concept to Improve the Road Safety. Transportation Research Procedia, 2018, 20: 418-424. DOI: https://doi.org/10.1016/j.trpro.2017.01.068

10. Kulikov A.V., Firsova S.Y. (2020) Effectiveness of Road Transport Technology in Modern Housing Systems. In: Radionov A., Kravchenko O., Guzeev V., Rozhdestvenskiy Y. (eds) Proceedings of the 5th International Conference on Industrial Engineering (ICIE 2019). ICIE 2019. Lecture Notes in Mechanical Engineering. Springer, Cham. https://doi.org/10.1007/978-3-030-22063-1_87

11. Vitvickij E.E., Yur'eva N.I. Praktika operativnogo planirovaniya zatrat na perevozku gruzov v gorodah [The practice of operational planning of costs for cargo transportation in cities]. *The Russian Automobile and Highway Industry Journal*, 2012, 6 (28): 18-25.

12.Yusupova O.A. Analiz kachestva obsluzhivaniya gruzootpravitelej-chastnyh lic [Assessment of Quality of Service Provided to Private Consignors]. *Mir transporta,* 2020, 18(2): 214-224. https://doi.org/10.30932/1992-3252-2020-18-214-224

13. Skrypnikov A.V., Dorokhin S.V., Kozlov V.G., Chernyshova E.V. Mathematical Model of Statistical Identification of Car Transport Informational Provision . *Journal of Engineering and Applied Sciences*, 2017. 12(2): 511-515.

14. Kulikov A.V., Firsova S.Y., Dorokhin S.V. Sokraschenie transportnih zatrat pri perevozke stroitelnih gruzov za schet uvelicheniya tehnicheskoi skorosti podvijnogo sostava [Reduction of transport costs for the transportation of construction goods by increasing the technical speed of the rolling stock]. *Mir transporta i tehnologicheskih mashin,* 2020, 1 (68): 79-86.

15. Nekrasov A.G., Belyaev V.M., Mirotin L. B., Volkov V. D., Spirin I. V. Logisticheskij inzhiniring na avtomobil'nom transporte [Logistics engineering on automobile transport]. Vestnik Moskovskogo avtomobil'no-dorozhnogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta (MADI), 2017, 1(48): 3-12.

16. Vitvickij E. E., Vojtenkov S. S. Sravnenie rezul'tatov primeneniya razlichnyh tekhnologij dostavki stroitel'nyh gruzov v gorodah [Comparison of the results of the application of various technologies for the delivery of construction goods in cities]. *Avtotransportnoe predpriyatie*, 2009, 5: 43-45.

17. Dorohin S. V. Optimizaciya dal'nosti perevozki i racional'noj skorosti soobshcheniya na avtomobil'nyh dorogah [Optimization of the distance of transportation and rational speed of communication on highways]. *Izvestiya Tul'skogo gosudarstvennogo universiteta,* 2014, 9-2: 212-218.

18. Filippova N. A., Belyaev V. M., Shilimov M. V. 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, 2017, 12(21): 11532-11535.

19. Ozornin S.P., Tarasov I.A. Metodiki i rezul'taty ocenki effektivnosti ekspluatacii gruzovyh avtotransportnyh sredstv v usloviyah holodnogo klimata [Methods and results of evaluating the efficiency of operation of cargo vehicles in cold climate conditions]. *Vestnik Irkutskogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta,* 2018, 22. 3 (134): 234-243. https://doi.org/10.21285/1814-3520-2018-3-234-243

20. Shapoval D. V., Vitvickij E. E. Obosnovanie primeneniya metoda marshrutizacii avtomobil'nyh perevozok gruzov melkimi otpravkami v gorodah [Substantiation of the application of the method of routing automobile cargo transportation by small shipments in cities]. *Gruzovoe i passazhirskoe avtohozyajstv,* 2010, 5: 16-21.

21. Vitvickij E.E., Fedoseenkova E.S. Vliyanie vremeni prostoya pri vypolnenii pogruzochno-razgruzochnyh rabot na funkcionirovanie sovokupnosti mikrosistem pri perevozke gruzov avtomobil'nym transportom obshchego pol'zovaniya [Influence of idle time during loading and unloading operations on the functioning of a set of microsystems during the transportation of goods by public road transport]. *The Russian Automobile and Highway Industry Journal,* 2017, (3(55)): 41-47. https://doi.org/https://doi.org/10.26518/2071-7296-2017-3(55)-41-47.

22. Demin V.A., Eurich S., Efimenko D.B. Model' opredeleniya optimal'nyh traektorij peremeshcheniya partij gruzov [Model for Determining the Optimal Trajectory of Movement of Consignments]. *Mir transporta*, 2019, 17(2): 56-62. https://doi.org/10.30932/1992-3252-2019-17-2-56-62.

23. Ajtbagina E.R., Vitvickij E.E. Vliyanie rasstoyaniya na rezul'taty raboty gruppy avtomobilej pri perevozke gruzov gruzootpravitelem [The influence of distance on the results of the work of a group of cars during the transportation of goods by the shipper]. *The Russian Automobile and Highway Industry Journal,* 2017, 56 (4-5(56-57)): 14-24. https://doi.org/https://doi.org/10.26518/2071-7296-2017-4-5(56-57)-14-24.

24. Fedoseenkova E.S., Vitvickij E.E. Vliyanie vremeni prostoya pod pogruzochno- razgruzochnymi rabotami na funkcionirovanie sovokupnosti malyh nenasyshchennyh sistem perevozok stroitel'nyh gruzov avtomobil'nym transportom obshchego pol'zovaniya [Influence of idle time under loading

and unloading operations on the functioning of a set of small unsaturated systems for the transportation of construction goods by public road transport]. *The Russian Automobile and Highway Industry Journal*, 2017, 56 (4-5(56-57)): 47-61. https://doi.org/https://doi.org/10.26518/2071-7296-2017-4-5(56-57)-47-61.

25. Jacyna-Gołda I., Kłodawski M., Lewczuk K., *Łajszczak* M., Chojnacki T., Siedlecka-Wójcikowska T. Elements of perfect order rate research in logistics chains. Archives of Transport, 2019, no 49(1): 25-35. DOI: https://doi.org/10.5604/01.3001.0013.2771

26. Tolebayeva A. Kh., Vitvitskiy E.E. and Markelova T.V. Enhancement of the efficiency of transportation of the company's own cargo in operational scheduling. IOP Conf. Series: Materials Science and Engineering, 2019, 632. https://doi.org/https://doi.org/10.1088/1757-899X/632/1/012063.

ВКЛАД СОАВТОРОВ

Куликов А.В. Разработка методики повышения эффективности автомобильных перевозок в условиях Крайнего Севера РФ. Выполнение аналитических исследований, постановка цели и задачи исследований, анализ и ознакомление с зарубежным и отечественным опытом.

Фирсова С.Ю. Проведение расчетов, анализ полученных результатов.

Дорохина В.С. Анализ состояния вопроса. Обзор литературных источников. Участие в подготовке и анализе исходных данных для расчетов.

COAUTHORS' CONTRIBUTION

Alexey V. Kulikov - development of a method for improving the efficiency of road transport in the Far North of the Russian Federation, analytical research, setting research goals and objectives, analyzing and familiarizing with foreign and domestic experience.

Svetlana Y. Firsova – performing calculations, analyzing the results obtained.

Victoria S. Dorokhina – analysis of the status of the issue, literature review, participation in the preparation and analysis of initial data for calculations.

АФФИЛИАЦИЯ АВТОРОВ

Куликов Алексей Викторович – канд. техн. наук, доц., доц. кафедры «Автомобильные перевозки» ФГБОУ ВО «Волгоградский государственный технический университет» ORCID iD 0000-0003-4395-590X, Scopus Author ID: 57212462765 (400005, г. Волгоград, пр. им. В.И. Ленина, 28, e-mail: v2xoda@ya.ru).

Фирсова Светлана Юрьевна – старший преподаватель кафедры «Автомобильные перевозки» ФГБОУ ВО «Волгоградский государственный технический университет» ORCID iD 0000-0002-7711-1548, Scopus Author ID: 57212472160 (400005, г. Волгоград, пр. им. В.И. Ленина, 28, e-mail: firsova.svetlana@mail.ru).

Дорохина Виктория Сергеевна – магистрант кафедры «Автомобильные перевозки» ФГБОУ ВО «Волгоградский государственный технический университет» (400005, г. Волгоград, пр. им. В.И. Ленина, 28, e-mail: vikadorokhina@mail.ru).

AUTHOR AFFILIATION

Alexey V. Kulikov – Dr. of Sci., Associate Professor, Automobile Transportation Department, Federal State Budget Educational Institution Volgograd State Technical University, ORCID iD 0000-0003-4395-590X, Scopus Author ID: 57212462765, 400005, Russian Federation, Volgograd, Lenin Avenue, 28, Russian Federation, e-mail: v2xoda@ya.ru.

Svetlana Y. Firsova – Senior teacher, Automobile Transportation Department, Federal State Budget Educational Institution Volgograd State Technical University, ORCID iD 0000-0002-7711-1548, Scopus Author ID: 57212472160, Volgograd, Lenin Avenue, 28, Russian Federation, e-mail: firsova.svetlana@mail.ru

Victoria S. Dorokhina – Undergraduate, Automobile Transportation Department, Federal State Budget Educational Institution Volgograd State Technical University, Volgograd, Lenin Avenue, 28, Russian Federation, e-mail: vika-dorokhina@mail.ru.

© 2004–2021 Вестник СибАДИ
The Russian Automobile
and Highway Industry Journal