

Научная статья
УДК 656.1
DOI: <https://doi.org/10.26518/2071-7296-2023-20-1-102-113>
EDN: RLRUMD



ПЛАНИРОВАНИЕ РАБОТЫ ПОДВИЖНОГО СОСТАВА С УЧЕТОМ ОСОБЕННОСТЕЙ ОРГАНИЗАЦИИ ДОРОЖНОГО ДВИЖЕНИЯ ПРИ ПЕРЕВОЗКЕ ГРУЗОВ В УСЛОВИЯХ КРАЙНЕГО СЕВЕРА

Л. С. Трофимова*, А. С. Вахрушев

Сибирский государственный автомобильно-дорожный университет
г. Омск, Россия

trofimova_ls@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0001-7312-1557>.

cv-omsk@yandex.ru, <https://orcid.org/0000-0001-7801-2616>

*ответственный автор

АННОТАЦИЯ

Введение. Практика работы подвижного состава автомобильного транспорта при перевозке грузов в суровых условиях Крайнего Севера (Республика Саха [Якутия]) показывает необходимость организации мероприятий, связанных с обеспечением безопасности дорожного движения на участках дорог с подъемами и спусками. Для предотвращения съездов подвижного состава с дороги и их опрокидывания в качестве тягача для автомобильного транспорта используют тракторную технику, применение которой требует затрат времени. Целью настоящей статьи является разработка нового теоретического инструментария для планирования работы подвижного состава, позволяющего определить затраты времени на перевозку.

Материалы и методы. При исследовании применяются натурные наблюдения для поездок, при выполнении которых использовалась тракторная техника в качестве тягача для автомобильного транспорта на маршрутах перевозок грузов, где движение осуществлялось на спусках и подъемах. Для определения вероятности возникновения события, значений доверительных интервалов времени движения подвижного состава с учетом доверительной вероятности – 0,95 применялись методы теории вероятностей и математической статистики. В качестве основы выполненных исследований использовались научные работы ученых по планированию работы подвижного состава с учетом особенностей организации дорожного движения при перевозке грузов в сложных условиях эксплуатации.

Результаты. Авторы определили затраты времени на перевозку грузов с применением тракторной техники в качестве тягача для планирования работы подвижного состава IVECO-AMT 733910 C/T на шести маршрутах. Установлена величина вероятности использования тракторной техники на исследуемых маршрутах для планирования работы подвижного состава IVECO-AMT 733910C/T.

Заключение. Представленные значения времени движения подвижного состава IVECO-AMT 733910 C/T при перевозке грузов с применением тракторной техники в качестве тягача могут быть использованы для практического применения в планировании в период с декабря по март при перевозке разборных элементов конструкций буровых установок и имущества бригад бурения скважин.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: перевозка грузов, безопасность дорожного движения, суровые условия Крайнего Севера (Республика Саха [Якутия]), дороги с подъемами и спусками

БЛАГОДАРНОСТИ: авторы благодарят редакционную коллегию и редакционный совет научного рецензируемого журнала «Вестник СибАДИ», анонимных рецензентов статьи.

Статья поступила в редакцию 02.02.2023; одобрена после рецензирования 15.02.2023; принята к публикации 20.02.2023.

Авторы прочитали и одобрили окончательный вариант рукописи.

Прозрачность финансовой деятельности: авторы не имеют финансовой заинтересованности в представленных материалах и методах. Конфликт интересов отсутствует.

© Трофимова Л. С., Вахрушев А. С., 2023



Контент доступен под лицензией
Creative Commons Attribution 4.0 License.

Для цитирования: Трофимова Л. С., Вахрушев А. С. Планирование работы подвижного состава с учетом особенностей организации дорожного движения при перевозке грузов в условиях Крайнего Севера // Вестник СибАДИ. 2023. Т. 20, № 1 (89). С. 102-113. <https://doi.org/10.26518/2071-7296-2023-20-1-102-113>

Origin article

DOI: <https://doi.org/10.26518/2071-7296-2023-20-1-102-113>

EDN: RLRUMD

PLANNING OF ROLLING STOCK OPERATION CONSIDERING SPECIFIC FEATURES OF ROAD TRAFFIC MANAGEMENT WHEN TRANSPORTING GOODS IN THE FAR NORTH

Liudmila S. Trofimova, Sergei S. Vakhrushev

Siberian State Automobile and Highway University (SibADI), Omsk, Russia

trofimova_ls@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0001-7312-1557>.

cv-omsk@yandex.ru, <https://orcid.org/0000-0001-7801-2616>

*corresponding author

ABSTRACT

Introduction. The operation practice for the rolling stock of road transport during the transportation of goods in the harsh conditions of the Far North (Republic of Sakha (Yakutia)) shows the necessity to organize measures related to ensuring road safety on road sections with ups and downs. To prevent rolling stock from running off the road and overturning, tractor equipment is used as a tractor for road transport, the use of which is time-consuming. The purpose of this article is to develop a new theoretical toolkit for planning the work of the rolling stock, which makes it possible to determine the time spent on transportation

Materials and methods. The study uses field observations for trips, during which tractor equipment was used as a tractor for road transport on cargo transportation routes, where movement was carried out on descents and ascents. Methods of probability theory and mathematical statistics were used to determine the probability of occurrence of an event, the values of confidence intervals for the time of movement of the rolling stock, taking into account the confidence probability of 0.95. As the basis of the performed research, the scientific work of scientists on the planning of the work of the rolling stock was used, taking into account the peculiarities of the organization of road traffic during the transportation of goods in difficult operating conditions.

Results. The authors determined the time spent on the transportation of goods using tractor equipment as a tractor for planning the work of IVECO-AMT 733910 C/T rolling stock on six routes. The value of the probability of using tractor equipment on the studied routes for planning the operation of IVECO-AMT 733910C/T rolling stock has been established.

Conclusions. The presented values of the movement time of the IVECO-AMT 733910 C/T rolling stock when transporting goods using tractor equipment as a tractor can be used for practical use in planning from December to March when transporting collapsible structural elements of drilling rigs and property of drilling crews.

KEYWORDS: goods transportation; road safety, harsh conditions of the Far North (Republic of Sakha (Yakutia)), roads with ups and downs

ACKNOWLEDGMENTS: the authors thank the editorial board and editorial board of the Russian Automobile and Highway Industry Journal, anonymous reviewers of the article.

The article was submitted 02.02.2023; approved after reviewing 15.02.2023; accepted for publication 20.02.2023.

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. Trofimova L. S., Vakhrushev A. S. Planning of rolling stock operation considering specific features of road traffic management when transporting goods in the far north. *The Russian Automobile and Highway Industry Journal*. 2023; 20 (1): 102-113. <https://doi.org/10.26518/2071-7296-2023-20-1-102-113>

© Trofimova L. S., Vakhrushev S. S., 2023



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

Основные положения. В статье представлен научный подход к планированию работы подвижного состава грузового автомобильного транспорта в суровых условиях Крайнего Севера, который включает в себя применение методов теории вероятностей и математической статистики, натурные наблюдения для получения:

– вероятностных значений времени движения подвижного состава грузового автомобильного транспорта в суровых условиях Крайнего Севера на маршрутах перевозок грузов, где существуют дороги с подъемами и спусками и применяется тракторная техника в качестве тягача, обеспечивающая организацию безопасного дорожного движения в суровых условиях Крайнего Севера (Республика Саха [Якутия]);

– вероятности применения тракторной техники в качестве тягача для подвижного состава грузового автомобильного транспорта в суровых условиях Крайнего Севера на маршрутах перевозок грузов, где движение осуществляется на спусках и подъемах.

Для практической реализации определены плановые показатели работы подвижного состава IVECO-AMT 733910 C/T в условиях Крайнего Севера.

ВВЕДЕНИЕ

Планирование работы подвижного состава автомобильного транспорта при перевозке грузов в интересах предприятий основного производства по разведке и добыче нефти и газа в суровых условиях Крайнего Севера имеет свои особенности, которые связаны с необходимостью учета влияния природно-климатических, дорожных, транспортных, сезонных факторов. Планируются показатели, зависящие от фактической грузоподъемности подвижного состава, пробега и времени работы [1].

Сменное время работы подвижного состава каждого типоразмера при перевозке груза на конкретном маршруте определяется по времени оборота, которое учитывает вероятностные значения временных показателей [1]:

- вероятностная величина времени движения подвижного состава;
- вероятностная величина времени на погрузку подвижного состава;
- вероятностная величина времени на выгрузку подвижного состава.

В рамках реализации ФЗ от 10.12.1995 №196-ФЗ «О безопасности дорожного движения»¹ разработаны «Методические рекомендации по проведению мероприятий по улучшению условий дорожного движения и повышению безопасности дорожного движения в целях ликвидации мест концентрации дорожно-транспортных происшествий, включающие типовые решения» (утв. протоколом заседания проектного комитета по национальному проекту «Безопасные и качественные автомобильные дороги» от 31.07.2019 N 5)². Для ликвидации дорожно-транспортных происшествий на участках дорог с высоким риском таких происшествий организации реализуют мероприятия, связанные с обеспечением безопасности дорожного движения.

В научных работах делается вывод о том, что в условиях образования скользкости степень опасности на подъемах и спусках, кривых в плане, а также их сочетание значительно увеличивается [2,3].

К строительству автомобильных дорог на нефтегазовых месторождениях предъявляются требования специальные требования³. Особое внимание уделяется природно-климатическим факторам Крайнего Севера при строительстве автомобильных дорог [4]. Организация дорожного движения на автозимниках и ледовых переправах не отличается от обычных дорог.

¹ Федеральный закон «О безопасности дорожного движения» от 10.12.1995 N 196-ФЗ http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_8585/

² Методические рекомендации по проведению мероприятий по улучшению условий дорожного движения и повышению безопасности дорожного движения в целях ликвидации мест концентрации дорожно-транспортных происшествий, включающие типовые решения» (утв. протоколом заседания проектного комитета по национальному проекту «Безопасные и качественные автомобильные дороги» от 31.07.2019 N 5) http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_331758/10421bc744db1d2e15ec9b5cd7bd6a065c7e75a4/

³ Пархоменко Н. А., Баженов П. Е., Кузенков А. В. Исследование технологии возведения насыпи при строительстве автомобильных дорог к кусту скважин в особо сложных условиях Севера // Геодезия, землеустройство и кадастры: проблемы и перспективы развития, посвященные 100-летию советской геодезии и картографии: Сборник материалов I Международ. науч.-практ. конф. Омск: Омский государственный аграрный университет имени П.А. Столыпина. 2019. С. 94–99



Рисунок 1 – Внешний вид колеса грузового автомобиля с цепью против скольжения для движения на участках дорог с подъемами и спусками в суровых условиях Крайнего Севера (Республика Саха [Якутия])
Источник: составлено авторами.

Figure 1 – Layout of truck wheel with anti-slip chain for traffic on sections of roads with ascents and descents in harsh conditions of the Far North (Republic of Sakha (Yakutia))
Source: compiled by the authors.

На зимниках и переправах устанавливаются дорожные знаки, шлагбаумы, разделительные полосы⁴.

Содержание автомобильных дорог включает в себя защиту от снежных заносов, очистку от снега, борьбу с зимней скользкостью и с наледями для обеспечения бесперебойного и безопасного движения грузового автомобильного транспорта⁵.

В результате исследования практики работы подвижного состава при перевозке грузов в суровых условиях Крайнего Севера (Республика Саха [Якутия]) установлено, что маршруты с подъемами и спусками для грузового подвижного состава являются опасными участками с высоким риском дорожно-транспортных происшествий. Для безопасного преодоления таких участков на колеса крепятся специальные приспособления (рисунок 1).

Для улучшенного сцепления колеса грузового автомобиля с дорогой разработаны различные приспособления, установлены преимущества их использования в сложных климатических условиях⁶.

В результате ранее выполненных исследований установлено, что из конструктивных факторов наибольшее значение на формирование скоростного режима при движении на участках дорог с подъемами и спусками оказывают полная масса автопоезда, мощность двигателя и передаточное отношение трансмиссии [5].

Н. А. Филиппова⁷ отмечает необходимость учета воздействия автомобиля на дорогу через нагрузку, определяемую грузоподъемностью автомобиля; давлением колеса автомобиля на дорогу; частотой повторения нагрузки и динамичности её повторения.

В работах [6, 7] проблему обеспечения безопасности движения грузового автомобильного транспорта в сложных условиях движения предлагается решать за счёт эффективной связи водителей и диспетчеров. Были разработаны системы контроля состояния водителя, которые состоят из камеры в кабине, блока контроля, способного принять решение вместо водителя в экстремальной ситуации [6]; выполнено проектирование инфраструктуры и интеллектуальных систем безопасности транспортных средств [7].

⁴ Скрипченко Е. А., Игнатова О. А. Особенности устройства зимних дорог и переправ // Автомобили, транспортные системы и процессы: настоящее, прошлое и будущее: сб. статей 3-й Международ. науч.-техн. конф. Курск: Юго-Западный государственный университет. 2021. С. 345–351

⁵ Золотцев О. А. Содержание дорог в зимний период // Фундаментальные и прикладные проблемы эффективности научных исследований и пути их решения: сб. статей Международ. науч.-практ. конф. Стерлитамак: ООО «Агентство международных исследований». 2021. С. 89–91.

⁶ Ведринский О. С., Бровченко А. Д., Посохов Д. Н. Повышение проходимости автомобилей в зимнее время года // Тенденции развития технических средств и технологий в АПК: матер. Международ. науч.-практ. конф. Том Часть I. Воронеж: Воронежский государственный аграрный университет им. Императора Петра I. 2021. С. 116–120.

⁷ Филиппова Н. А., Габышев Т. А. Теоретический анализ дорожной инфраструктуры: повышение интенсивности движения ТС, увеличение транспортной нагрузки и сейсмическое влияние ТС в городах Арктической зоны России // Транспортные системы и дорожная инфраструктура Крайнего Севера: Сборник матер. III всеросс. форума. Якутск: Северо-Восточный федеральный университет имени М. К. Аммосова. 2022. С. 207–210.



Рисунок 2 – Съезды грузового подвижного состава с дорог на участках с подъемами и спусками в суровых условиях Крайнего Севера (Республика Саха (Якутия))
Источник: составлено авторами.

Figure 2 – Exits of freight rolling stock from roads on sections with ascents and descents in the harsh conditions of the Far North (Republic of Sakha (Yakutia))
Source: compiled by the authors.

Установлено, что перевозка при низких температурах требует адаптации дорожной сети, подвижного состава, труда водителей к сложной работе⁸.

Научно доказана необходимость изменения в конструкции автомобилей, которые предназначены для работы в сложных дорожных условиях^{9,10}

А. В. Куликов, С. Ю. Фирсова, В. С. Дорохина [8] разработали маршруты перевозок грузов в условиях Крайнего Севера с применением оптимизации при закреплении потребителей за поставщиками. Авторы не исследуют особенности организации безопасного движения на сформированных маршрутах.

P. Intini, P.Colonna, E. O. Ryeng [9] делают вывод о том, что знание особенностей маршрута перевозок грузов для водителей является

важным фактором, влияющим на безопасность движения.

Натурные наблюдения за перевозкой грузов в условиях Крайнего Севера показали, что наличие специальных приспособлений для движения на участках дорог с подъемами и спусками не всегда предотвращают съезды подвижного состава с дороги и их опрокидывание (рисунок 2).

В практике перевозок грузов в условиях Крайнего Севера для предотвращения съездов подвижного состава с дороги и их опрокидывания в качестве тягача используют тракторную технику (бульдозеры KOMATSUD275A-5, Б 10М.6000-1В) (рисунки 3, 4).

⁸ Пономарев Н. А. Некоторые особенности перевозок пассажиров при низкотемпературных условиях. Автомобильные перевозки и транспортная логистика: теория и практика: сб. науч. трудов каф. «Организация перевозок и управление на транспорте» (с международным участием). Омск: СибАДИ. 2021. С. 82–87.

⁹ Бредихин О. И., Михалевич И. Ф. Концепция интеллектуализации тяжелых транспортных средств высокой проходимости // Интеллектуальные транспортные системы: матер. Междунаро. науч.-практ. конф. Москва: Российский университет транспорта. 2022. С. 85–91.

¹⁰ Корнев А. В., Филиппова Н. А. Новые технологии, устройства и материалы при производстве и эксплуатации автотранспортных средств в сложных климатических условиях // Информационные технологии и инновации на транспорте: материалы VI Междунаро. научно-практ. конф. Орёл: Орловский государственный университет имени И.С. Тургенева, 2020. С. 224–228.



Рисунок 3 – Применение тракторной техники в качестве тягача для перемещения грузового автомобильного транспорта в суровых условиях Крайнего Севера (Республика Саха [Якутия])
Источник: составлено авторами.

Figure 3 – Use of tractor machinery as a tractor for the movement of road freight vehicles in the harsh conditions of the Far North (Republic of Sakha (Yakutia))
Source: compiled by the authors.

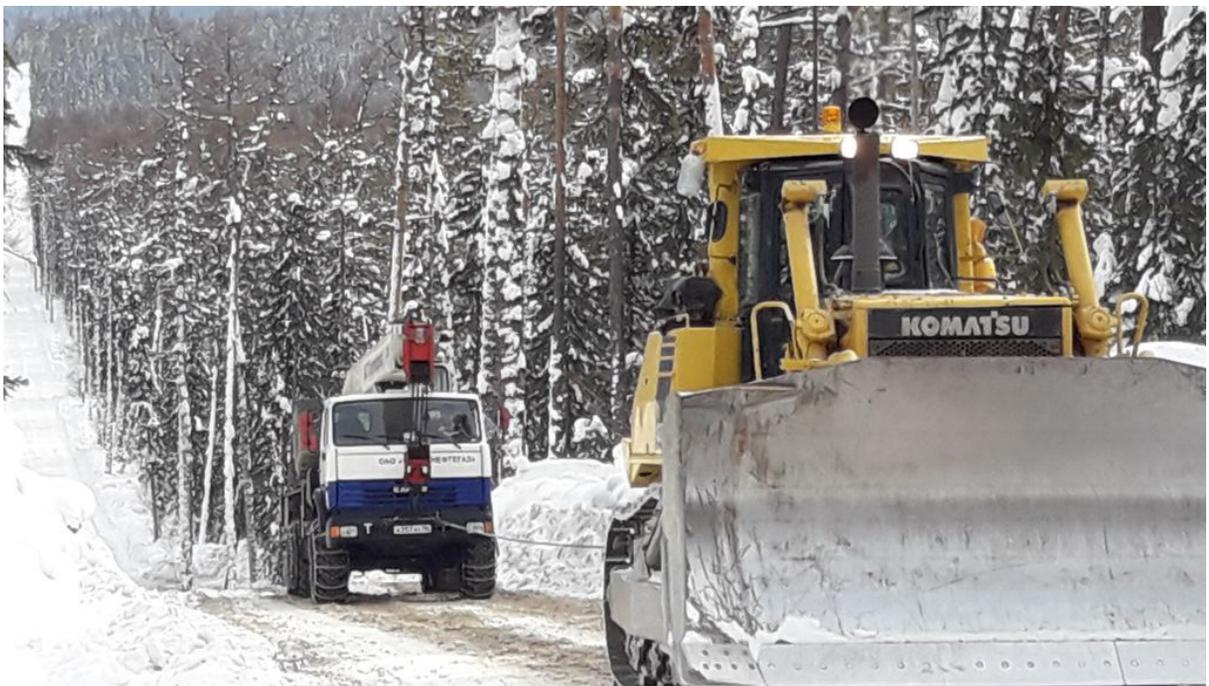


Рисунок 4 – Пример применения тракторной техники в качестве тягача
Источник: составлено авторами.

Figure 4 – Example of a tractor machinery use as a tractor
Source: compiled by the authors.

Натурные наблюдения за перевозкой грузов в интересах предприятий основного производства по разведке и добыче нефти и газа в суровых условиях Крайнего Севера показали, что применение тракторной техники в качестве тягача для перемещения грузового автомобильного транспорта на маршрутах, где существуют дороги с подъемами и спусками, требует временных затрат. Время на перевозку грузов снижается.

Исследование работ ученых и практиков показало, что внимание уделяется расчету энергозатрат грузового автомобиля при перевозке грузов по автозимникам, в которой учитывается норма расхода топлива, удельная теплота сгорания топлива, расстояние перевозки, грузоподъемность автомобиля и коэффициент её использования¹¹.

В работе [10] предлагается применение имитационной модели, микросимуляционной модели непосредственно для оценки безопасности дорожного движения в неоднородных транспортных средах, без учета временных затрат, которые повлекут за собой мероприятия для организации безопасного дорожного движения.

Для эффективного планирования перевозок грузов предлагается «Инструмент планирования совместной работы», учитывающий функционирование всех участников транспортного процесса [11]. В качестве инструмента для планирования было предложено использовать SWOT-анализ, тем самым оценивать сильные и слабые стороны применения автомобильного транспорта при перевозке [12].

Представленные в настоящей статье исследования отечественных и зарубежных ученых, практических работников показали, что ранее предложенные методы не учитывают затраты времени на реализацию мероприятий по безопасности дорожного движения при перевозке грузов в интересах предприятий основного производства по разведке и добыче нефти и газа в суровых условиях Крайнего Севера. Совершенствование существующих подходов позволит разработать теоретический инструмент для планирования работы подвижного состава при перевозке грузов в суровых условиях Крайнего Севера.

Можно утверждать, что тема настоящего исследования является актуальной.

Целью настоящей статьи является разработка нового теоретического инструментария для планирования работы подвижного состава, позволяющего определить затраты времени на перевозку с применением тракторной техники в качестве тягача, обеспечивающей организацию безопасного дорожного движения грузового автомобильного транспорта в суровых условиях Крайнего Севера.

В статье представлены результаты решения задач по:

- изучению научных трудов, связанных с решением проблем перевозок грузов с учетом особенностей организации дорожного движения при перевозке грузов в особых условиях эксплуатации автомобильного транспорта;

- проведению натурных наблюдений за работой подвижного состава при перевозке грузов на маршрутах, где присутствуют участки дорог с подъемами и спусками;

- определению вероятностных значений времени движения подвижного состава IVECO-AMT 733910 C/T на маршрутах при перевозке грузов с применением тракторной техники в качестве тягача;

- определению вероятности использования тракторной техники в качестве тягача на маршрутах перевозок грузов, где движение осуществляется на спусках и подъемах, т.е. вероятности того, что за определенный период времени движение подвижного состава будет осуществляться с применением тракторной техники в качестве тягача;

- разработке рекомендаций для практического применения результатов исследований.

Научная значимость настоящего исследования состоит в разработке теоретического подхода для планирования работы подвижного состава с учетом особенностей организации дорожного движения при перевозке грузов в особых условиях эксплуатации автомобильного транспорта (Республика Саха [Якутия]).

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

При разработке нового теоретического подхода для планирования работы подвижного состава, позволяющего определить затраты времени на перевозку грузов с использованием тракторной техники в качестве тягача, обеспечивающей организацию безопасного дорожного движения при перевозке грузов в суровых условиях Крайнего Севера, применя-

¹¹ Лотышева А. А., Конорева А. А. К вопросу о строительстве и эксплуатации автозимников. Образование. Транспорт. Инновации. Строительство: сб. матер. IV Национальной науч.-практ. конф. Омск: СибАДИ, 2021. С. 699–703.

ются методы теории вероятностей и математической статистики. В работе [13] доказано, что показатели транспортного процесса являются вероятностными, так как формируются под влиянием большого количества факторов. Методика исследования приведена в работе [14].

При исследовании выполнены натурные наблюдения, количество которых определяется с учетом теории больших чисел. Бесповторная выборка представляет собой общее количество поездок на маршрутах перевозок грузов, где присутствуют участки дорог с подъемами и съездами. В настоящей работе в качестве случайной величины рассматривается число поездок с применением тракторной техники в качестве тягача на маршрутах перевозок грузов, где движение осуществляется на спусках и подъемах. Эта величина может принимать различное значение, которое в точности нельзя предсказать до выполнения натурных наблюдений.

Для определения вероятности возникновения события применяется биномиальный закон распределения и формула Я. Бернулли в связи с тем, что в результате исследований:

– проводится определенное количество наблюдений;

– в результате одного наблюдения может появиться одно из двух противоположных событий: перевозка грузов на спусках и подъемах выполняется с применением тракторной техники в качестве тягача или перевозка грузов на спусках и подъемах выполняется подвижным составом самостоятельно;

– при выполнении указанных условий наблюдаются различные комбинации событий.

При проведении натурных наблюдений были сформированы фотографии рабочего дня водителей, в которых фиксировалось время движения на спусках и подъемах с применением тракторной техники в качестве

тягача. В результате использования методов математической статистики определялся закон распределения случайной величины, значения доверительных интервалов времени движения подвижного состава с учетом доверительной вероятности – 0,95 [23]. Для проверки научной гипотезы по критериям Пирсона и Романовского полученные значения показателя формировались в интервальные вариационные ряды, позволяющие определить статистические характеристики вероятностного показателя. Полуширина доверительных интервалов для математического ожидания времени движения подвижного состава при перевозке грузов с применением тракторной техники в качестве тягача на маршрутах определялась с использованием среднего квадратического отклонения воспроизводимости эксперимента и обращенного значения функции Стьюдента [23].

РЕЗУЛЬТАТЫ

Натурные наблюдения за работой подвижного состава IVECO-AMT 733910 С/Т (грузоподъемностью 30 т) проводились с декабря 2021 по март 2022 г. На шести маршрутах при перевозке разборных элементов конструкций и имущества бригад бурения скважин были зафиксированы участки с подъемами и спусками. Перевозка осуществлялась с отработанных площадок разведочного бурения на новые площадки разведочного бурения. На маршрутах ежедневно работали от 36 до 40 ед. подвижного состава грузового автомобильного транспорта.

В таблице 1 представлен вариационный ряд значений времени движения подвижного состава грузового автомобильного транспорта IVECO-AMT 733910 С/Т при перевозке грузов с применением тракторной техники в качестве тягача на маршруте № 1.

Таблица 1
Вариационный ряд значений времени движения подвижного состава IVECO-AMT 733910 C/T при перевозке грузов с применением тракторной техники в качестве тягача на маршруте № 1
Источник: составлено авторами.

Table 1
Variation series of IVECO-AMT 733910 C/T rolling stock movement time when transporting goods using tractor equipment as a tractor on route No. 1
Source: compiled by the authors.

№ п/п	Значение, ч	№ п/п	Значение, ч	№ п/п	Значение, ч
1	2	1	2	1	2
1	1,82	7	2,12	13	2,40
2	1,99	8	2,13	14	2,41
3	2,06	9	2,25	15	2,44
4	2,08	10	2,26	16	2,44
5	2,09	11	2,33	17	2,45
6	2,12	12	2,33	18	2,64
				19	3,09

В результате проверки научной гипотезы по критериям Пирсона и Романовского доказано, что время движения подвижного состава грузового автомобильного транспорта IVECO-AMT 733910 C/T при перевозке грузов с применением тракторной техники в качестве тягача на маршруте распределено по нормальному закону.

В таблице 2 представлены результаты исследований при перевозке грузов подвижным составом IVECO-AMT 733910 C/T с применением специальной техники на шести маршрутах.

Величина вероятности (p) использования тракторной техники в качестве тягача, обеспечивающей организацию дорожного движения в

суровых условиях Крайнего Севера на исследуемых маршрутах для планирования работы подвижного состава IVECO-AMT 733910C/T:

$$\begin{aligned} & - p_{m1} - 0,31; \\ & - p_{m2} - 0,24; \\ & - p_{m3} - 0,28; \\ & - p_{m4} - 0,26; \\ & - p_{m5} - 0,35; \\ & - p_{m6} - 0,32. \end{aligned}$$

Плановые показатели времени движения подвижного состава IVECO-AMT 733910 C/T (грузоподъемностью 30 т) с декабря по март на маршрутах перевозки разборных элементов конструкций и имущества бригад бурения скважин представлены в таблице 3.

Таблица 2
Результаты определения затрат времени на перевозку грузов с применением тракторной техники в качестве тягача, обеспечивающей организацию дорожного движения в суровых условиях Крайнего Севера для планирования работы подвижного состава IVECO-AMT 733910 C/T
Источник: составлено авторами.

Table 2
The results of determining the time spent on the transportation for goods using tractor equipment as a tractor that ensures the organization of traffic in the harsh conditions of the Far North for planning the operation of IVECO-AMT 733910 C/T rolling stock
Source: compiled by the authors.

Показатель	Значение по маршрутам					
	1	2	3	4	5	6
Математическое ожидание, ч	2,29	2,46	1,91	2,36	2,24	2,28
Среднее квадратическое отклонение	0,27	0,18	0,33	0,26	0,17	0,19
Верхняя граница доверительного интервала математического ожидания времени движения, ч	3,11	3,01	2,01	3,13	2,76	2,86
Нижняя граница доверительного интервала математического ожидания времени движения, ч	1,74	2,09	1,23	1,84	1,89	1,90

Таблица 3
 Плановые показатели времени движения подвижного состава IVECO-AMT 733910 С/Т (грузоподъемностью 30 т) с декабря по март на маршрутах перевозки разборных элементов конструкций и имущества бригад бурения скважин
 Источник: составлено авторами.

Table 2
 Planned time of Mmovement of IVECO-AMT 733910 C/T rolling stock (30 tons of load capacity) from December to March on the routes for transportation of demountable structures and property of well drilling crews
 Source: compiled by the authors.

Показатель	Значение по маршрутам					
	1	2	3	4	5	6
Максимальное время движения, ч	0,96	0,72	0,56	0,81	0,97	0,92
Минимальное время движения, ч	0,54	0,50	0,34	0,48	0,66	0,61

Значения получены как произведения затрат времени (см. таблицу 2) и вероятности возникновения события. Например, на маршруте 1 плановые показатели времени движения подвижного состава IVECO-AMT 733910 С/Т (грузоподъемностью 30 т) с декабря по март на маршрутах перевозки разборных элементов конструкций и имущества бригад бурения скважин: $3,11 \cdot 0,31 = 0,96$ ч и $1,74 \cdot 0,31 = 0,54$ ч.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Цель, поставленная в научной статье, достигнута за счет решения задач, позволяющих получить следующие научные знания:

- установлены вероятностные значения времени движения подвижного состава IVECO-AMT 733910 С/Т в результате натурных наблюдений и доказано, что функция распределения значений показателя соответствует нормальному закону;

- определены вероятности применения тракторной техники в качестве тягача на маршрутах перевозок грузов, где движение осуществляется на спусках и подъемах.

Результаты исследований, представленные в настоящей статье, позволили совершенствовать существующие научные положения планирования работы подвижного состава, представленные в ранее изученных научных трудах в части применения научных методов для определения времени, необходимого для организации дорожного движения при перевозке грузов в особых условиях эксплуатации автомобильного транспорта.

Для практического применения определены значения времени движения подвижного состава IVECO-AMT 733910 С/Т при перевозке грузов с использованием тракторной техники в качестве тягача на шести маршрутах. По-

казатели могут быть использованы в период с декабря по март при перевозке разборных элементов конструкций, имущества бригад бурения скважин и прочих грузов в интересах предприятий основного производства по разведке и добыче нефти и газа.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Вахрушев С. А., Трофимов Б. С., Трофимова Л. С. Математическое моделирование производственных показателей работы подвижного состава с учётом условий Крайнего Севера // Интеллект. Инновации. Инвестиции. 2022. № 4. С. 104–115. DOI: 10.25198/2077-7175-2022-4-104.
2. Лолаев А. Б., Масланов Н. А., Панченко Т. В. [и др.] Оценка геозкологических факторов при эксплуатации горных дорог в зимних условиях // Sciences of Europe. 2021. № 64-2(64). С. 64–68. DOI: 10.24412/3162-2364-2021-64-2-64-68.
3. Эшанбабаев А. А., Рахимов Р. Ш., Хабибуллаев Д. Х. Безопасность движения транспортных средств на спусках и подъемах на горных дорогах // Universum: технические науки. 2022. № 5-5(98). С. 64–66. DOI: 10.32743/UniTech.2022.98.5.13602.
4. Сунгатуллина К. А. Влияние эксплуатационного состояния автомобильных дорог на безопасность дорожного движения // Вестник НЦБЖД. 2021. № 2(48). С. 118–122.
5. Давлятов У. Р., Акматбеков Б. М. Метод расчета движения грузового автомобиля в горных условиях // Наука, новые технологии и инновации Кыргызстана. 2019. № 7. С. 47–51.
6. Бабаева Ю. А., Волкова М. В. Проблемы транспортировки грузов в условиях Крайнего Севера // Транспорт и машиностроение Западной Сибири. 2019. № 1. С. 6–11.
7. Singh H., Kathuria A. Analyzing driver behavior under naturalistic driving conditions // Accident Analysis & Prevention. 2021. Т. 150. С. 105908. DOI: 10.1016/j.aap.2020.105908.
8. Куликов А. В., Фирсова С. Ю., Дорохина В. С. Повышение эффективности автомобильных перевозок в условиях Крайнего Севера Рос-

сийской Федерации // Вестник СибАДИ. 2021. Т. 18, № 3(79). С. 286–305. DOI: 10.26518/2071-7296-2021-18-3-286-305.

9. Intini P., Colonna P., Ryeng E. O. Route familiarity in road safety: A literature review and an identification proposal // *Transportation research part F: traffic psychology and behaviour*. 2019. Т. 62. С. 651-671. DOI: 10.1016/j.trf.2018.12.020.

10. Mahmud S. M. S. et al. Micro-simulation modelling for traffic safety: A review and potential application to heterogeneous traffic environment // *IATSS research*. 2019. Т. 43. №. 1. С. 27-36. DOI: 10.1016/j.iatssr.2018.07.002.

11. Allaoui H., Guo Y., Sarkis J. Decision support for collaboration planning in sustainable supply chains // *Journal of Cleaner Production*. 2019. Т. 229. С. 761-774. DOI: 10.1016/j.jclepro.2019.04.367.

12. Kurenkov P. et al. Study of the current state of the transport infrastructure of road and rail transport of the Russian Federation // *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*. IOP Publishing. 2019. Т. 698. №. 6. С. 066064. DOI: 10.1088/1757-899X/698/6/066064.

13. Трофимова Л. С., Певнев Н. Г. Структура методологии текущего планирования работы грузового автотранспортного предприятия // *Вестник СибАДИ*. 2017;(6(58)):63-71. [https://doi.org/10.26518/2071-7296-2017-6\(58\)-63-71](https://doi.org/10.26518/2071-7296-2017-6(58)-63-71)

14. Трофимова Л. С. Методика текущего планирования работы автотранспортного предприятия при перевозке грузов в городе // *Вестник СибАДИ*. 2020;17(2):234-247. <https://doi.org/10.26518/2071-7296-2020-17-2-234-247>

REFERENCES

1. Vahrushev S. A., Trofimov B. S., Trofimova L. S. Matematicheskoe modelirovanie proizvodstvennykh pokazatelej raboty podvizhnogo sostava s uchytom uslovij Krajnego Severa [Matematicheskoe modelirovanie proizvodstvennykh pokazatelej raboty podvizhnogo sostava s uchytom uslovij Krajnego Severa]. *Intellekt. Innovacii. Investicii*. 2022; 4: 104-115. DOI: 10.25198/2077-7175-2022-4-104. (In Russ.)

2. Lolaev A. B., Maslanov N. A., Panchenko T. V. [i dr.]. Ocenka geoekologicheskikh faktorov pri ekspluatatsii gornyh dorog v zimnih usloviyah [Assessment of geoecological factors in the operation of mountain roads in winter conditions]. *Sciences of Europe*. 2021; 64-2(64): 64-68. DOI: 10.24412/3162-2364-2021-64-2-64-68. (In Russ.)

3. Eshanbabaev A. A., Rahimov R. SH. u., Habibullaev D. H. u. Bezopasnost' dvizheniya transportnyh sredstv na spuskah i pod'emah na gornyh dorogah [Safety of vehicles on slopes and ascents on mountain roads]. *Universum: tekhnicheskie nauki*. 2022; 5-5(98): 64-66. DOI: 10.32743/UniTech.2022.98.5.13602. (In Russ.)

4. Sungatullina K. A. Vliyaniye ekspluatatsionno-gostoyaniya avtomobil'nyh dorog na bezopasnost'

dorozhnogo dvizheniya [Impact of the operational condition of motor roads on road safety]. *Vestnik NCBZHD*. 2021; 2(48): 118-122. (In Russ.)

5. Davlyatov U. R., Akmatbekov B. M. Metod rascheta dvizheniya gruzovogo avtomobilya v gornyh usloviyah [Method of calculating truck traffic in mountainous conditions]. *Nauka, novye tekhnologii i innovacii Kirgystana*. 2019; 7: 47-51. (In Russ.)

6. Babaeva YU. A., Volkova M. V. Problemy transportirovki gruzov v usloviyah Krajnego Severa [Problems of cargo transportation in the Far North]. *Transport i mashinostroenie Zapadnoj Sibiri*. 2019; 1: 6-11. (In Russ.)

7. Singh H., Kathuria A. Analyzing driver behavior under naturalistic driving conditions. *Accident Analysis & Prevention*. 2021; Т. 150: 105908. DOI: 10.1016/j.aap.2020.105908.

8. Kulikov A. V., Firsova S. Y., 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. (In Russ.) <https://doi.org/10.26518/2071-7296-2021-18-3-286-305>

9. Intini P., Colonna P., Ryeng E. O. Route familiarity in road safety: A literature review and an identification proposal. *Transportation research part F: traffic psychology and behaviour*. 2019; Т. 62: 651-671. DOI: 10.1016/j.trf.2018.12.020.

10. Mahmud S. M. S. et al. Micro-simulation modelling for traffic safety: A review and potential application to heterogeneous traffic environment. *IATSS research*. 2019; Т. 43. №. 1: 27-36. DOI: 10.1016/j.iatssr.2018.07.002.

11. Allaoui H., Guo Y., Sarkis J. Decision support for collaboration planning in sustainable supply chains. *Journal of Cleaner Production*. 2019; Т. 229: 761-774. DOI: 10.1016/j.jclepro.2019.04.367.

12. Kurenkov P. et al. Study of the current state of the transport infrastructure of road and rail transport of the Russian Federation. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*. IOP Publishing. 2019; Т. 698. №. 6: 066064. DOI: 10.1088/1757-899X/698/6/066064

13. Trofimova L. S., Pevnev N. G. Structure of methodology of current planning of work of cargo transport enterprise. *The Russian Automobile and Highway Industry Journal*. 2017;(6(58)):63-71. (In Russ.) [https://doi.org/10.26518/2071-7296-2017-6\(58\)-63-71](https://doi.org/10.26518/2071-7296-2017-6(58)-63-71)

14. Trofimova L. S. The methodology of the current planning of a motor transport enterprise operation for the transportation of goods in the city. *The Russian Automobile and Highway Industry Journal*. 2020;17(2):234-247. (In Russ.) <https://doi.org/10.26518/2071-7296-2020-17-2-234-247>

ВКЛАД СОАВТОРОВ

Трофимова Л. С. Обзор исследований по существующим подходам к планированию работы подвижного состава с учетом особенностей организации дорожного движения при перевозке грузов в

условиях Крайнего Севера; разработка материалов и методов для исследований (40%).

Вахрушев С.А. Формулировка цели и задач исследования, основных выводов; проведение эксперимента и обработка результатов (60%).

AUTHOR CONTRIBUTION STATEMENT

Liudmila S. Trofimova Review of studies on existing approaches to planning the work of rolling stock, taking into account the peculiarities of the organization of traffic in the transportation of goods in the Far North; development of materials and methods for research (40%).

Sergey A. Vakhrushev Formulation of the purpose and objectives of the study, the main conclusions; conducting an experiment and processing the results (60%).

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ

Трофимова Людмила Семеновна – д-р техн. наук, заведующая кафедрой «Организация перевозок и безопасность движения», SPIN-код: 6711-9953.

Вахрушев Сергей Александрович – аспирант, SPIN-код: 9543-4668.

INFORMATION ABOUT THE AUTHORS

Liudmila S. Trofimova – Dr. of Sci., Head of the Transport Management and Traffic Safety Department, Siberian State Automobile and Highway University (SibADI) e-mail: trofimova_ls@mail.ru, SPIN-код: 6711-9953.

Sergey A. Vakhrushev – Graduate student, Siberian State Automobile and Highway University (SibADI), SPIN-код: 9543-4668.