

МЕТОД РЕШЕНИЯ ПРОБЛЕМЫ ТРАНСПОРТИРОВКИ АВИАТОПЛИВА В ТРУДНОДОСТУПНЫЕ АЭРОДРОМЫ АРКТИЧЕСКИХ РАЙОНОВ ЯКУТИИ И КРАЙНЕГО СЕВЕРА

В. П. Горбунов

АО «Авиакомпания «Якутия»» (Якутск, Российская Федерация)

А. М. Стручкова

АО «Авиакомпания «Якутия»», Северо-Восточный федеральный университет
имени М. К. Аммосова (Якутск, Российская Федерация)

Статья поступила в редакцию 7 ноября 2022 г.

Приведено описание технологически нового и логистически оптимального метода транспортировки авиационного топлива в аэропорты Крайнего Севера и Арктической зоны Российской Федерации, обеспечивающего сохранение качественных характеристик при его поставке. Наряду с поиском решений проблемы конечной стоимости показано, что кроме стареющей во многих аэропортах инфраструктуры топливозаправочных комплексов и средств доставки наиболее критичным для сохранения качества топлива является его многоэтапная транспортировка от нефтеперерабатывающих заводов до аэропортов назначения с неизбежной многократной сменой видов транспорта. Приведен пример уменьшения конечной стоимости топлива методом корреляционно-регрессионного анализа. Анализ позволил сделать вывод, что наиболее влиятельным фактором является себестоимость транспортировки топлива. В качестве альтернативного решения по оптимизации логистики поставляемого в удаленные аэропорты авиационного топлива предложен метод транспортировки с помощью танк-контейнеров, позволяющий снизить число перевалок топлива с восьми-девяти до трех-четырёх, что более чем вдвое снижает вероятность потери качества топлива. Показаны технологические преимущества предлагаемого метода: мультимодальность, когда один танк-контейнер может быть использован разными видами транспорта, эффективность, так как танк-контейнеры можно использовать многократно. Изготовленные из нержавеющей стали контейнеры могут быть оснащены системой пароподогрева и слоем теплоизоляции, что обеспечивает надежность и качество при использовании в условиях низких температур.

Ключевые слова: Арктическая зона, Крайний Север, метод транспортировки авиатоплива, электрические свойства и проводимость, перевалка топлива, танк-контейнеры, мультимодальность, надежность и качество.

Введение

Эксплуатация воздушных судов в условиях экстремально низких температур Якутии и Арктической зоны России в целом имеет ряд особенностей, связанных с особыми требованиями к низкотемпературной устойчивости как самой авиационной техники, так и используемых авиационных топлив [1]. На протяжении всей истории освоения Крайнего Севера России и по настоящее время вопрос качественных показателей транспортируемого топлива для обеспечения бесперебойной деятельности гражданской авиации остается в высокой степени критичным [2].

Благодаря интенсивному развитию производственной базы Крайнего Севера и строительству аэродромов во второй половине XX в. по всей территории Республики Саха (Якутия) и особенно ее Арктической зоны значительно возросло использование авиации [3; 4]. Это сопровождалось интенсивным обновлением флота воздушных судов за счет реактивной техники, что, в свою очередь, выдвинуло на первый план проблему сохранения качества завозимого на удаленные аэродромы топлива, в частности такого параметра, как удельная электропроводимость авиационного керосина [5; 6].

Одно из обязательных условий при завозе авиатоплива в удаленные аэропорты — высокие требования к сохранению качественных характеристик

авиатоплива, обеспечение которых затруднено в условиях стареющей инфраструктуры, сложной логистики, обусловленной необходимостью многократных перевалок при доставке топлива к конечным пунктам несколькими видами транспорта — железнодорожным, водным и автомобильным. Смена каждого вида транспорта требует перекачки со сменой емкостей, и число перевалок на маршруте поставки от ближайшего нефтеперерабатывающего завода (НПЗ), например в Ангарске или Омске, до аэропортов Арктической зоны, таких как Белая Гора, Среднеколымск, Мома, Зырянка, Саккырыр, составляет от шести до девяти раз! В сложившихся транспортно-логистических условиях поставок авиатоплива в арктические районы Якутии и всего Крайнего Севера очевидна необходимость поиска нового технологического решения проблемы, чему и посвящена данная публикация [2].

Материалы и методы исследования

Эффективное управление современными системами обеспечения транспортной инфраструктуры невозможно без использования экономико-математического моделирования для критического анализа факторов текущего состояния. В системе обеспечения бесперебойной работы воздушного транспорта в регионах с повышенными рисками на деятельность любого предприятия воздушного транспорта влияют многочисленные факторы внешней и внутренней среды [7].

Чтобы обосновать предлагаемое решение как наиболее приемлемое с технологической и экономической точек зрения, необходимо понять текущее состояние и проанализировать всю цепочку от производства, всех этапов транспортировки авиационного керосина до конечного пункта, т. е. заправки топлива.

Итак, топливо для реактивных двигателей производится из сырой нефти и называется дистиллятным продуктом с характеристиками, аналогичными керосину, мазуту для бытового отопления и дизельному топливу. Как правило, большинство нефтеперерабатывающих предприятий перерабатывает менее 10% сырой нефти в топливо для реактивных двигателей. Количество авиакеросина, которое может произвести НПЗ, варьируется в зависимости от технологической сложности завода и рентабельности авиакеросина по сравнению со всеми другими продуктами, производимыми на предприятии [8; 9]. Еще больше усугубляет проблемы цепочки поставок заинтересованность нефтяных компаний в экономии оборотных средств за счет сокращения запасов с переходом на методы своевременной доставки топлива. В нынешней авиатранспортной структуре большинства крупных аэропортов имеются топливозаправочные комплексы (ТЗК) со значительными емкостями для хранения топлива и лабораториями для контроля его качества. ТЗК могут предложить авиакомпаниям топливообеспечение по удобной и наиболее

распространенной схеме, известной как «в крыло», причем возможно несколько альтернативных предложений от нескольких топливных компаний. В основном поставщики создают достаточные запасы топлива в аэропорту или ближайшей от него нефтебазе, что при устойчивом и предсказуемом количестве взлетно-посадочных операций и рейсов является оправданным, так как стоимость топлива и услуги по его заправке формируются в основном на рыночной основе (за исключением некоторых случаев явного монополизма) с хорошо отлаженной своевременной логистикой его доставки, в основном железнодорожным транспортом от ближайших НПЗ [10; 11].

В отличие от крупных аэропортов технологические процессы своевременного и качественного топливообеспечения полетов в удаленные аэропорты Арктической зоны России и Крайнего Севера усложнены логистической проблематикой. Большие расстояния, сложные климатические условия, зависимость от сезонности речной навигации, многоступенчатая логистика доставки топлива с количеством перевалок до восьми-девяти со сменой видов транспорта и емкостей перевозки приводят к удорожанию топлива в точке доставки и, что особенно важно, к проблемам обеспечения и сохранности качественных показателей к моменту его использования для заправки в воздушное судно (рис. 1). Возникает риск потерять топливо из-за несоответствия его качественных параметров, например характеристик удельной электрической проводимости. Как следствие десятки тонн завезенного с таким трудом топлива часто подлежат списанию, и в лучшем случае оно может быть использовано в качестве топлива для «технических нужд».

Известно, что электрические свойства топлива в значительной степени определяются удельной электрической проводимостью, которая для товарных реактивных топлив выражается в единицах пикоСименс/метр ($1 \text{ пСм/м} = 10 \text{ Ом}\cdot\text{м}$). Особенно опасна электризация тех видов топлив, которые имеют широкофракционный состав с бензиновыми фракциями. Эти нефтяные дистиллятные топлива состоят из сотен и тысяч углеводородов, причем вариации в составе регулируются спецификациями по диапазону электропроводности. Кроме того, качество топлива может ухудшиться из-за предельного содержания воды до такой степени, что будет затруднен запуск силовых установок в низкотемпературных условиях эксплуатации воздушного судна. При низких температурах из топлива выделяются кристаллы льда, забивающие топливные фильтры, что может привести к прекращению подачи топлива и остановке двигателя [5; 6].

Для поиска путей обеспечения качественных показателей авиационного топлива и снижения его конечной стоимости в удаленных аэропортах Арктической зоны с учетом изложенного предлагается рассмотреть альтернативный вариант совершен-

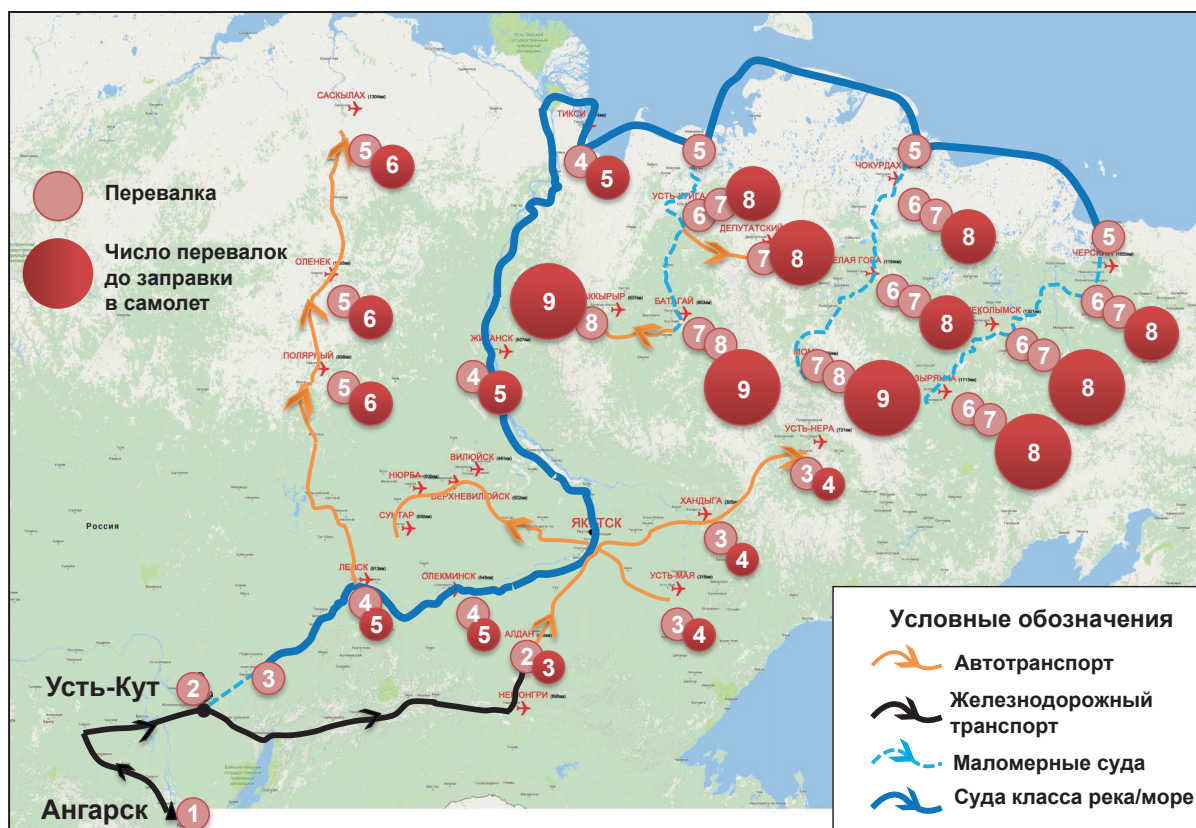


Рис. 1. Действующая многоступенчатая схема завоза авиатоплива в аэропорты по Республике Саха (Якутия) с большим количеством (до девяти) перевалок. Источник: материалы докладов АО «Авиакомпания «Якутия»»
 Fig. 1. Current multi-stage scheme for the delivery of aviation fuel to airports in the Republic of Sakha (Yakutia) with great number (up to 9) transshipments. Source: materials of the reports JSC Yakutia Airlines

ствования механизма логистики авиационного керосина для использования авиаперевозчиками.

В [2] авторы для решения проблемы завоза авиатоплива путем оптимизации логистической схемы предлагают использовать факторный анализ, согласно которому в условиях реальной экономики между результативными показателями и факторами действуют вероятностные (стохастические) связи. Для оценки результатов их действия предлагается использовать методы статистики, основу которых составляют построение и анализ математической модели и аппарата экономико-математического моделирования [12; 13]. Следующий этап исследования — анализ возможностей применения корреляционно-регрессионного анализа для оценки факторов оптимизации завоза авиатоплива путем оптимизации логистической схемы, и на основе регрессионной модели выбираются оптимальные варианты обеспечения топливом авиатранспортного комплекса Республики Саха (Якутия). В данном исследовании прогнозирование значений результативного показателя осуществляется на основе динамики его значений в прошлые периоды. С этой целью предложено рассмотреть возможности применения корреляционно-регрессионного анализа, который позволяет перейти от функциональной свя-

зи между факторами и результативным показателем к стохастической зависимости [14; 17].

Сделанные выводы показывают, что зависимость оказывает больший эффект в условиях реальной экономики, а предложенный корреляционно-регрессионный анализ обеспечивает определение влияния факторов, для которых невозможно построить жесткую детерминированную факторную модель. Авторы пришли к заключению, что анализ полученных значений позволяет сделать вывод, что в среднем наиболее влиятельным фактором является себестоимость перевозок топлива, что справедливо, так как известно, что при формировании спроса на авиационное топливо в России важным является именно региональный фактор, поскольку Республика Саха (Якутия) — это регион с особыми транспортными потребностями в связи с удаленностью от транспортных узлов [2]. В связи с этим и по причине природных условий Арктической зоны система снабжения региона авиационным топливом ограничена и осуществляется следующим способом: от ближайших НПЗ в Омске и Ангарске железнодорожным транспортом до пунктов накопления в поселке Усть-Кут Иркутской области и конечной железнодорожной станции Нижний Бестях, расположенной на противоположном от Якутска берегу

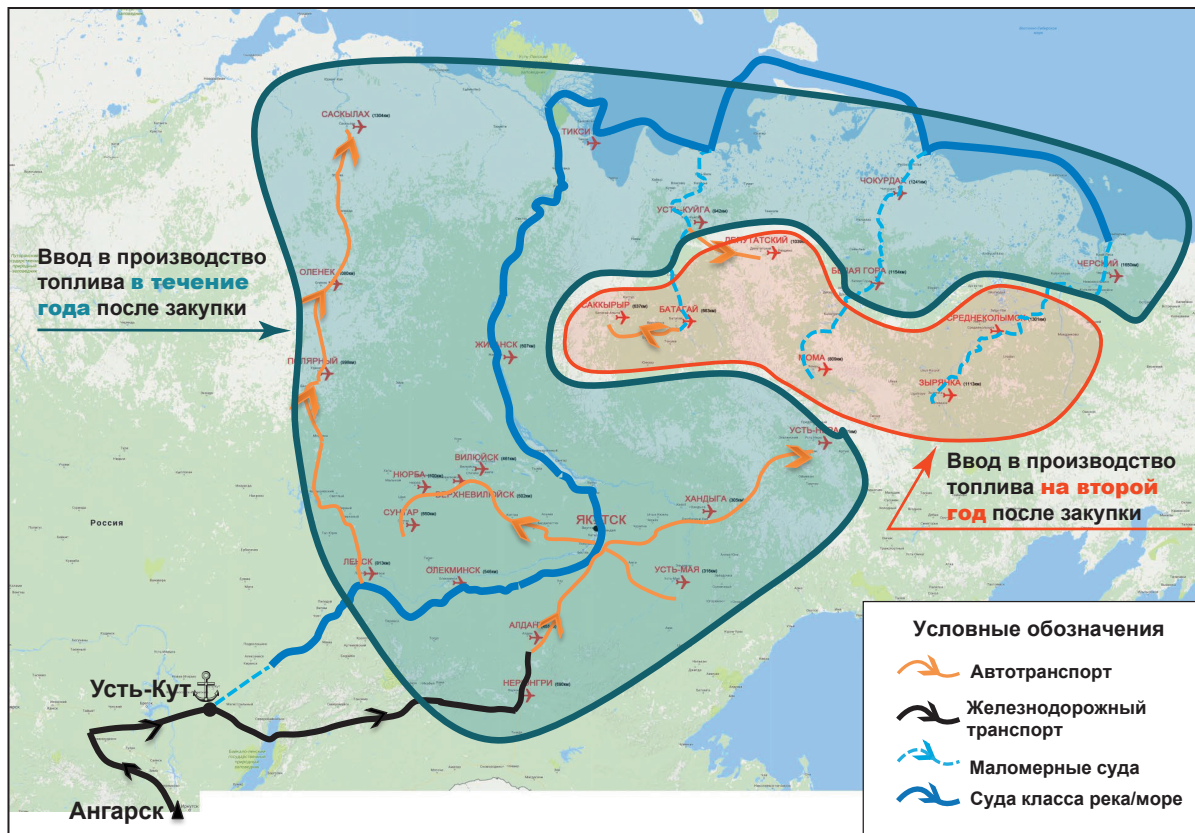


Рис. 2. Действующая схема завоза авиатоплива в аэропорты Республики Саха (Якутия) с делением по регионам и времени начала его использования. Источник: материалы докладов АО «Авиакомпания «Якутия»»
 Fig. 2. Current scheme for the delivery of aviation fuel to the airports of the Republic of Sakha (Yakutia), divided by region and the start time of its use. Source: materials of the reports JSC Yakutia Airlines

реки Лены. В Усть-Куте осуществляется перевалка авиатоплива и груза на водный транспорт с дальнейшей транспортировкой судами разного тоннажа и класса с выходом в арктические моря и с обратным заходом вглубь территории Якутии по рекам Яне, Индигирке и Колыме. Эти маршруты осложняются коротким периодом судоходства, обусловленного сезонным обмелением рек, прежде всего основной транспортной артерии республики Лены, а также длительным периодом ледостава, характерным для всех северных рек. Поэтому северный завоз всего необходимого в отдельные населенные пункты, особенно в улусы Арктической зоны, осуществляется только в короткий период их транспортной доступности, составляющей от 30 до 90 дней. Это относится в том числе и к доставке авиатоплива, и дальнейшая транспортировка осуществляется уже только в зимний период при открытии автозимников с дальнейшей перевалкой на автомобильный транспорт и транспортировкой до топливозапасных аэропортов назначения в Среднеколымске, Зырянке, Моме, Депутатском, Саккырыре, Батагае и др. [2].

Таким образом, сложившаяся за многие годы многоэтапная логистическая схема с длинными временными периодами на каждом этапе позволяет использовать завезенное топливо только на второй

год после закупки, что повышает риски для сохранения качественных показателей в конечном пункте доставки. Кроме того, это требует отвлечения значительных средств на период более года — от момента закупки до непосредственного производства полетов на данном топливе, т. е. выполнения возмездной коммерческой деятельности (рис. 2).

Результаты исследования

Метод поставки авиационного топлива в танк-контейнерах может быть предложен как альтернативный и отвечающий сфере приоритетных направлений, прежде всего развития авиатранспортной доступности Арктической зоны. Танк-контейнер представляет собой упакованную в раму из металла цистерну, которая по размерам равна габаритам стандартного морского контейнера (рис. 3). Танк-контейнеры — самый безопасный способ перевозки наливных грузов, отличающийся экологичностью и выгодный с точки зрения экономии финансовых средств, так как при транспортировке груза таким образом значительно снижается его себестоимость.

Если в процессе перевозки груза потребуются смена вида транспорта, то применение танк-контейнеров дает возможность не прибегать к многократным перегрузкам тары. Это важно в плане

организации транспортировки взрывоопасных и легковоспламеняющихся жидкостей, таких как различные виды топлива: фенол, газ, бензин и т. д. (рис. 4). Российский рынок наливных грузов относительно молод, но такой вид организации поставок топлива экономически оптимален, так как предотвращает необходимость перетаривания. Специальная система слива транспортируемого наливного продукта позволяет быстро освободить цистерну и до минимума снизить грузопотери при сохранении должных качественных характеристик топлива [18; 19].

Обсуждение результатов исследования. Преимущества предлагаемого метода

Анализ на основе сбора объективных данных показал очевидные преимущества предложенного метода транспортировки топлива в труднодоступные аэропорты Крайнего Севера и Арктической зоны Якутии [20]:

Эффективность. Танк-контейнеры можно использовать многократно, их конструкция обеспечивает экономичность, простоту использования, они особенно удобны при перевозке в мультимодальном сообщении с использованием нескольких видов транспорта (автомобиль, железная дорога, водный транспорт).

Надежность и качество. Цистерна танк-контейнера изготовлена из нержавеющей стали, устойчивой к воздействию перевозимых продуктов и при этом не воздействующей на них. Контейнеры



Рис. 3. Танк-контейнер. Источник: <https://lawtrans.ru/polezno/perevozka-tank-konteynerov>
Fig. 3. Tank container. A source: <https://lawtrans.ru/polezno/perevozka-tank-konteynerov>

могут быть оснащены слоем теплоизоляции и системой пароподогрева, что значительно облегчает разгрузку в зимних условиях.

Мультимодальность. Один танк-контейнер можно использовать для доставки груза, не осуществляя его перевалку, разными видами транспорта. Их грузят на борт судна, доставляют в порт, оттуда перегружают на грузовую машину или же-



Рис. 4. Предлагаемая 3-4-ступенчатая транспортировочная схема для завоза топлива с помощью танк-контейнера. Источник: материалы докладов АО «Авиакомпания «Якутия»»

Fig. 4. The proposed 3-4-stage transportation scheme for the delivery of fuel using a tank container. Source: materials of the reports of JSC Yakutia Airlines



Рис. 5. Предлагаемая схема логистики для завоза топлива с применением танк-контейнера с минимальным количеством перевалок авиатоплива. Источник: материалы докладов АО «Авиакомпания «Якутия»
 Fig. 5. The proposed logistics scheme for the fuel delivery using a tank container with a minimum number of jet fuel transshipments. Source: Materials of the reports JSC Yakutia Airlines

лезнодорожную платформу, либо наоборот. При этом нет необходимости перекачивать жидкий груз из одной емкости в другую. Весь путь груз проходит внутри одной цистерны с рамой.

Длительный срок службы. Изначально танк-контейнеры адаптируют под конкретные условия эксплуатации и перевозимые грузы. Если дополнительно соблюдать правила эксплуатации и обслуживания, конструкция без проблем прослужит несколько десятков лет.

Надежность. За счет продуманной конструкции, а также механизмов и вспомогательных систем танк-контейнер является одним из наиболее надежных и безопасных для перевозки видов емкостей.

Таким образом, данный метод транспортировки позволяет сократить количество перевалок с максимальных девяти при существующей схеме завоза до трех-пяти и уменьшить общие затраты на транспортировку (рис. 5). При этом достигаются цели исследования по оптимизации логистической схемы транспортировки топлива, сокращения числа перекачек и тем самым обеспечения качества доставляемого топлива с сохранением его характеристик, особенно удельной электрической проводимости.

Заключение

Исследование предложенного метода транспортировки авиатоплива с помощью танк-контейнеров в удаленные аэропорты Арктической зоны и Крайнего Севера показало ряд объективных и ключевых преимуществ, среди которых можно выделить мультимодальность — емкости могут транспортироваться абсолютно любыми видами транспорта: морским или речным, железнодорожным или автомобильным. Весьма положительным фактором является то, что в процессе транспортировки во время смены транспорта не требуется перетарка топлива. Это позволяет избежать или свести к минимуму технологические процессы перекачки авиатоплива из одной емкости в другую, что является критичным для сохранения качественных показателей удельной объемной электропроводности завозимого авиатоплива.

При всей технологической привлекательности данного метода очевидно, что инфраструктура контейнерных перевозок в России развита слабо, особенно для функционирования такого вида транспортировки на Крайнем Севере и в Арктике. Одна из основных причин — отсутствие инфраструктуры

для погрузки, т. е. кранового хозяйства в местах перевалки (грузоподъемностью до 30 т), возможностей очистки, условий хранения контейнеров-цистерн и необходимости создания оборотного фонда. Но в любом случае дальнейшее освоение Арктики и повышение транспортной доступности Крайнего Севера в целом потребуют многих инновационных решений, и исследование метода транспортировки с помощью танк-контейнеров может занять свое место в ряду других комплексных подходов.

Выражаем благодарность сотрудникам отделов управления флотом и топливообеспечения АО «Авиакомпания «Якутия» за работу над описанным методом, предоставленную информацию и графические материалы.

Литература

1. Грядунов К. И. Эксплуатационные свойства авиационных горюче-смазочных материалов: Тексты лекций. — М.: ИД Акад. Жуковского, 2021. — 184 с.
2. Горбунов В. П. Метод корреляционно-регрессионного анализа оценки факторов поставки авиатоплива в труднодоступные арктические районы Севера // Науч. вестн. МГТУ ГА. — 2022. — Т. 25, № 6. — С. 12—24.
3. Горбунов В. П. Перспективы развития региональной авиации Крайнего Севера и задачи увеличения транспортной доступности Арктики и Дальнего Востока // Арктика: экология и экономика. — 2022. — Т. 12, № 3. — С. 367—375. — DOI: 10.25283/2223-4594-2022-3-367-375.
4. Горшкова И. В., Ключков В. В. Экономические проблемы управления развитием авиатранспортной сети в малонаселенных регионах России // Управление большими системами. — 2010. — Вып. 30. — С. 115—134.
5. Коняев Е. А., Грядунов К. И. Эксплуатационные свойства авиационных горюче-смазочных материалов: Учебное пособие. — М.: МГТУ ГА, 2016. — 80 с.
6. Дубовкин Н. Ф., Маланичева В. Г., Массур Ю. П., Федоров Е. П. Физико-химические и эксплуатационные свойства топлив: Справочник. — М.: Химия, 1985. — С. 87—91.
7. Горбунов В. П., Рухлинский В. М., Саввина А. М. Роль природных и антропогенных факторов в современном состоянии региональной авиации Арктики и Крайнего Севера // Наука и бизнес: пути развития. — 2020. — № 6.
8. Спиркин В. Г. Химмотология топлив: Учебное пособие / Под ред. И. Г. Фукса. — М.: ГУП «Нефть и газ» РГУ нефти и газа им. И. М. Губкина, 2002. — 164 с.
9. Реактивное топливо / Нектон Сиа. — URL: <https://necston-sea.ru>.
10. Шведов А. С. Процентные финансовые инструменты: оценка и хеджирование. — М.: ГУ ВШЭ, 2001. — 152 с.
11. Вдовенков А. А. Использование хеджирования в деятельности авиакомпаний для страхования рисков изменения цены авиатоплива // Науч. вестн. МГТУ ГА. — 2007. — № 118. — С. 153—155.
12. Харитоновна Д. Е. Корреляционно-регрессионный анализ в экономике // Контентус. — 2016. — № 8 (49). — С. 176—179.
13. Стрижов В. В., Крымова Е. А. Методы выбора регрессионных моделей. — М.: ВЦ РАН, 2010. — 60 с.
14. Дрейнер Н., Смит Г. Прикладной регрессионный анализ. — М.: Изд. дом «Вильямс», 2012. — 350 с.
15. Dhamodharavadhani S., Rathipriya R. Variable Selection Method for Regression Models Using Computational Intelligence Techniques / Periyar Univ., India // OCEM J. of Management, Technology & Social Science. — 2020. — P. 416—436.
16. Magnello M. Karl Pearson and the Establishment of Mathematical Statistics // Intern. Statistical Rev. — 2009. — P. 3—29.
17. Obuchowski N. A. Multivariate statistical methods // Am. J. Roentgenol. — 2005. — 185 (2). — P. 299—309.
18. Как осуществляется перевозка танк-контейнеров разными видами транспорта / Lawtrans. — URL: <https://lawtrans.ru/polezno/perevozka-tank-konteynerov>.
19. Танк плюс. — URL: <https://tank-container.ru>.
20. Перевозка авиационного топлива танк-контейнерами / Goldline. — URL: <https://glinetrans.ru/services/konteynerye-perevozki/avia-topлива>.

Информация об авторах

Горбунов Владимир Павлович, кандидат технических наук, генеральный директор, АО «Авиакомпания «Якутия» (677014, Россия, Якутск, ул. Быковского, д. 9), e-mail: vlad.gorbunov@bk.ru.

Стручкова Анна Михайловна, кандидат технических наук, доцент кафедры информационных технологий, Северо-Восточный федеральный университет им. М. К. Аммосова (677000, Россия, Якутск, ул. Белинского, д. 58), начальник отдела, управление документацией и базы данных, АО «Авиакомпания «Якутия» (677014, Россия, Якутск, ул. Быковского, д. 9), e-mail: struchkova.am@yakutia.aero.

Библиографическое описание данной статьи

Горбунов В. П., Стручкова А. М. Метод решения проблемы транспортировки авиатоплива в труднодоступные аэродромы арктических районов Якутии и Крайнего Севера // Арктика: экология и экономика. — 2023. — Т. 13, № 2. — С. 271—279. — DOI: 10.25283/2223-4594-2023-2-271-279.

PROBLEM-SOLVING TECHNIQUE FOR TRANSPORTING AVIATION FUEL TO REMOTE AIRFIELDS IN THE ARCTIC REGIONS OF YAKUTIA AND FAR NORTH

Gorbunov, V. P.

JSC Yakutia Airlines (Yakutsk, Russian Federation)

Struchkova, A. M.

JSC Yakutia Airlines, M. K. Ammosov North-Eastern Federal University (Yakutsk, Russian Federation)

The article was received on November 7, 2022

Abstract

The main purpose of the publication is to study a technologically new and logistically optimal method for transporting aviation fuel to airports in the Far North and the Arctic zone of the Russian Federation, ensuring the preservation of quality characteristics during its delivery. Along with the search for solutions to the problem of the final cost, the authors reveal that, in addition to the aging infrastructure of fuel filling complexes and delivery vehicles at many airports, the most critical for maintaining the quality of the supplied fuel is its multi-stage transportation from refineries to destination airports in the Arctic zone with the inevitable multiple changes of modes of transport, rail, river and automobile. At the same time, multiple transshipment of fuel with its transfer from one container to another leads to a loss of the quality indicators of aviation kerosene, namely, it worsens the electrical properties — the electrical conductivity parameter. The paper touches on an example of solving the final cost of fuel by using the correlation-regression analysis. An analysis of the obtained values allowed the authors to conclude that, on average, the most influential factor is the cost of fuel transportation. As an alternative solution to optimize supply logistics of aviation fuel to remote airports of the Far North and the Arctic zone, the authors propose a method of transportation using tank containers. The use of tank containers reduces the number of fuel transshipments from 8-9 to 3-4, which halves the probability of fuel quality loss, while maintaining its electrical conductivity parameter within acceptable values. The authors demonstrate the technological advantages of the proposed method, such as multimodality, when one tank container can be used by different modes of transport (auto, railway, water transport), efficiency as tank containers can be reused many times, due to the cost-effectiveness and ease of use. Made of stainless steel, the containers can be equipped with a steam heating system and a layer of thermal insulation, ensuring reliability and quality when used in low temperatures of the Far North and the Arctic.

Keywords: Arctic zone, Far North, aviation fuel transportation method, electrical properties, conductivity, fuel transshipment, tank containers, multimodality, reliability and quality.

We express our gratitude to the employees of Yakutia Airlines JSC, namely the Fleet Management Department and the Fuel Supply Department for the method development, providing information and graphic materials.

References

1. Gryadunov K. I. Operational properties of aviation fuels and lubricants. Texts of lectures. Moscow, Publ. House of the Zhukovsky Academy, 2021, 184 p. (In Russian).
2. Gorbunov V. P. Method of correlation and regression analysis of the assessment of factors of aviation fuel supply to remote Arctic regions of the North. Scientific Bull. of the Moscow State Technical Univ. GA. 2022, vol. 25, no. 6, pp. 12—24. (In Russian).
3. Gorbunov V. P. Prospects for the development of regional aviation in the Far North and the tasks of increasing the transport accessibility of the Arctic and the Far East. Arctic: Ecology and Economy, 2022, vol. 12, no. 3, pp. 367—375. DOI: 10.25283/2223-4594-2022-3-367-375. (In Russian).
4. Gorshkova I. V., Klochkov V. V. Economic problems of managing the development of the air transport network in sparsely populated regions of Russia. Moscow, Management of large systems, 2010, iss. 30, pp. 115—134. (In Russian).
5. Konyaev E. A., Gryadunov K. I. Operational properties of aviation fuel and lubricants: textbook. Moscow, MGTU GA, 2016, 80 p. (In Russian).
6. Dubovkin N. F., Malanicheva V. G., Massur Yu. P., Fedorov E. P. Physico-chemical and operational properties of fuels. Handbook. Moscow, Chemistry, 1985, pp. 87—91. (In Russian).
7. Gorbunov V. P., Ruchlinskii V. M., Savvina A. M. The Role of natural and anthropogenic factors in the present state of regional aviation in the Arctic and the far North. Science and Business: ways of development, 2020, no. 6. (In Russian).
8. Spirkin V. G. Chemmotology of fuels. Study guide. Ed. by I. G. Fuchs. Moscow, SUE "Oil and Gas" of Gubkin

- Russian State Univ. of Oil and Gas, 2002, pp. 164. (In Russian).
9. Jet fuels. Necton-Sia. Available at: <https://necton-sea.ru>. (In Russian).
10. Shvedov A. S. Interest-bearing financial instruments: valuation and hedging. Moscow, Higher School of Economics, 2001, 152 p. (In Russian).
11. Vdovenkov A. A. The use of hedging in the airline operations to insure the risks of changes in the price of aviation fuel. Scientific Bull. of MSTUCA, 2007, no. 118, pp. 153—155. (In Russian).
12. Kharitonova D. E. Correlation and regression analysis in economics. Contentus, 2016, no. 8 (49), pp. 176—179. (In Russian).
13. Strizhov V. V., Krymova E. A. Methods of selection of regression models. Moscow, 2010, 60 p. (In Russian).
14. Draper N., Smith H. Applied regression analysis. Moscow, Williams Publish. House, 2012, 350 p.
15. Dhamodharavadhani S., Rathipriya R. Variable Selection Method for Regression Models Using Computational Intelligence Techniques. Periyar Univ., India. OCEM J. of Management, Technology & Social Science, 2020, pp. 416—436.
16. Magnello M. Karl Pearson and the Establishment of Mathematical Statistics. Intern. Statistical Rev., 2009, pp. 3—29.
17. Obuchowski N A. Multivariate statistical methods. Am. J. Roentgenol., 2005, 185 (2), pp. 299—309.
18. How tank containers are transported by different modes of transport. Lawtrans. Available at: <https://lawtrans.ru/polezno/perevozka-tank-konteynerov>. (In Russian).
19. Tank-plus company. Available at: <https://tank-container.ru>. (In Russian).
20. Transportation of aviation fuel by tank containers. Available at: <https://glinetrans.ru/services/konteynerye-perevozki/avia-topliva>. (In Russian).

Information about the authors

Gorbunov, Vladimir Pavlovich, PhD of Engineering Sciences, General Director, JSC Yakutia Airlines (9, Bykovskogo str., Yakutsk, Russia, 677014), e-mail: vlad.gorbunov@bk.ru.

Struchkova, Anna Mikhailovna, PhD of Engineering Sciences, Associate Professor, Department of Information Technology, M. K. Ammosov North-Eastern Federal University (58, Belinskogo str., Yakutsk, Russia, 677980), Head of data base control division, JSC Yakutia Airlines (9, Bykovskogo str., Yakutsk, Russia, 677014), e-mail: struchkova.am@yakutia.aero.

Bibliographic description of the article

Gorbunov, V. P., Struchkova, A. M. Problem-solving technique for transporting aviation fuel to remote airfields in the Arctic regions of Yakutia and Far North. Arctic: Ecology and Economy, 2023, vol. 13, no. 2, pp. 271—279. DOI: 10.25283/2223-4594-2023-2-271-279. (In Russian).

© Gorbunov V. P., Struchkova A. M., 2023