

УДК 658.8.031
DOI: 10.26467/2079-0619-2022-25-6-23-39

Анализ применимости корреляционно-регрессионных моделей для оценки факторов поставки авиатоплива в труднодоступные арктические районы Крайнего Севера

В.П. Горбунов¹, В.М. Самойленко², С.В. Кузнецов²,
А.М. Стручкова^{1,3}

¹АО «Авиакомпания "Якутия"», г. Якутск, Россия

²Московский государственный технический университет гражданской авиации,
г. Москва, Россия

³Северо-Восточный федеральный университет им. М.К. Аммосова,
г. Якутск, Россия

Аннотация: Воздушный транспорт является стратегически важным видом транспорта для большей части Дальнего Востока и Крайнего Севера, и особенно в арктических районах. Воздушные авиаперевозки выполняют важнейшую социально-экономическую роль, обеспечивая наиболее быструю связь с остальной территорией России и жизненно необходимую транспортную доступность населения стратегически важного региона Российской Федерации. Особую роль воздушный транспорт играет в крупнейшем регионе Российской Федерации Республике Саха (Якутия), которая остается наиболее изолированным и труднодоступным регионом страны. В республике на 85 % территории авиация является единственным круглогодичным средством транспортного сообщения. При этом важнейшим фактором, влияющим на круглогодичное обеспечение транспортной доступности для подавляющего большинства аэропортов республики, и в особенности арктической зоны, является завоз необходимого количества авиатоплива при условии сохранения его потребительских свойств. Не имеющая аналогов сложнейшая схема завоза авиатоплива в арктические и труднодоступные районы Якутии с количеством перевалок до девяти приводит к потере некоторых важных параметров авиатоплива, таких как электропроводность, и вынуждает авиакомпании, выполняющие полеты в арктические и труднодоступные районы Якутии искать более оптимальные логистические пути завоза, хранения, обеспечивая сохранность свойств и параметров авиатоплива. Другим фактором, напрямую влияющим на круглогодичное обеспечение транспортной доступности населения, является стоимость авиатоплива, составляющая около 30 % в расходах базовых авиакомпаний, таких как авиакомпания «Якутия», где в базовом аэропорту Якутск стоимость авиатоплива в 2021 году достигала 88 тыс. рублей за тонну при условии заправки «в крыло», при среднем значении по всем аэропортам России около 58 тыс. рублей за тонну. При этом стоимость авиатоплива в арктических аэропортах вплотную приблизилась или уже достигла 100 тыс. за тонну. Для поиска решений авторами данной статьи использована методология исследования на основе факторного анализа с использованием аппарата экономико-математического моделирования проблемы завоза авиатоплива за счет оптимизации логистической схемы поставки в удаленные регионы арктической зоны. Путем оценки возможностей применения корреляционно-регрессионного анализа проведена оценка факторов, влияющих на оптимизацию завоза авиатоплива путем оптимизации логистической схемы. Как результат исследования и наряду с предложенными решениями практико-технологического и экономического характеров рассмотрена применимость регрессионной модели, на основе которой могут быть выбраны наиболее оптимальные варианты развития топливного обеспечения Республики Якутия для воздушного транспорта в предстоящем периоде.

Ключевые слова: арктические районы, авиатранспортная доступность, логистика завоза авиатоплива, стоимость, качество топлива, электропроводность, факторный и корреляционно-регрессионный анализ, экономико-математическое моделирование, регрессионная модель.

Для цитирования: Горбунов В.П., Самойленко В.М., Саввина А.М. Анализ применимости корреляционно-регрессионных моделей для оценки факторов поставки авиатоплива в труднодоступные арктические районы Крайнего Севера // Научный Вестник МГТУ ГА. 2022. Т. 25, № 6. С. 23–39. DOI: 10.26467/2079-0619-2022-25-6-23-39

Analysis of the applicability of correlation and regression models to assess the factors of aviation fuel supply to the remote Arctic regions of the Far North

V.P. Gorbunov¹, V.M. Samoylenko², S.V. Kuznetsov²,
A.M. Struchkova^{1,3}

¹JSC "Yakutia Airlines", Yakutsk, Russia

²Moscow State Technical University of Civil Aviation, Moscow, Russia

³Federal State Autonomous Educational Institution of Higher Education "M.K. Ammosov North-Eastern Federal University", Yakutsk, Russia

Abstract: Air transport for the Far East and the Far North is a strategically important mode of transport for most of its part and especially in the Arctic regions. Air transportation plays the most important social and economic role, providing the fastest connection with the rest of Russia and vital transport accessibility of the population of a strategically important region of the Russian Federation. Air transport plays a special role in the largest region of the Russian Federation, the Republic of Sakha (Yakutia), which remains the most isolated and inaccessible region of the country. In the republic, aviation is the only year-round means of transport communication on 85% of the territory. At the same time, the most important factor affecting the year-round provision of transport accessibility for the vast majority of airports in the republic, and especially in the Arctic zone, is the delivery of the required amount of aviation fuel, provided that its consumer properties are preserved. The unique and complex scheme of aviation fuel delivery to the Arctic and remote areas of Yakutia, with up to nine transshipments, leads to the loss of some important parameters of aviation fuel, such as electrical conductivity, and forces airlines flying to the Arctic and remote areas of Yakutia to look for more optimal logistics ways of delivery, storage, ensuring the safety of properties and parameters of aviation fuel. Another factor that directly affects the year-round provision of transport accessibility of the population is the cost of jet fuel, which is about 30 % of the costs of base airlines, such as Yakutia Airlines, where at the base airport Yakutsk the cost of jet fuel in 2021 reached 88 thousand rubles per ton, provided refueling in the wing, with an average value for all airports Russia has about 58 thousand rubles per ton. At the same time, the cost of jet fuel at Arctic airports has approached or has already reached 100 thousand per ton. In order, to find solutions, the authors of this article used a research methodology based on factor analysis using the apparatus of economic and mathematical modeling of the problem of jet fuel delivery due to optimization of the logistics scheme of delivery to remote regions of the Arctic zone. By applying capability assessments correlation and regression analysis, estimation factors for the jet fuel supply chain optimization by optimizing the logistics scheme were carried out. As a result of the research and along with the proposed solutions of practical, technological and economic nature, a regression model is considered on the basis of which the most optimal options for the development of fuel supply of the Republic of Yakutia for air transport in the coming period can be suggested.

Key words: Arctic regions, air transport accessibility, logistics of jet fuel delivery, cost, fuel quality, electrical conductivity, factor and correlation regression analysis, economic and mathematical modeling, regression model.

For citation: Gorbunov, V.P., Samoylenko, V.M. & Savvina A.M. (2022). Analysis of the applicability of correlation and regression models to assess the factors of aviation fuel supply to the remote Arctic regions of the Far North. Civil Aviation High Technologies, vol. 25, no. 6, pp. 23–39. DOI: 10.26467/2079-0619-2022-25-6-23–39

Введение

В период последних нескольких десятилетий наблюдался значительный рост авиатранспортной отрасли в части авиаперевозок и увеличение количества самолетовылетов и пассажиропотока в целом. Для поддержки авиаперевозчиков государственными и частными владельцами аэропортов и аэропортовых объединений проводились значительные капитальные вложения в реконструкцию инфраструктуры аэропортов и развитие аэропортовой сети. Яр-

ким примером является успешно реализуемая ФГУП «Аэропорты Севера» программа реконструкции аэропортовой сети, объединяющей 32 аэропорта на территории Республики Саха (Якутия) и два аэропорта Чукотки. Важным условием для роста данного сегмента авиаперевозок явились обеспечение авиатопливом, его конечная стоимость и логистическая доступность, которые могли бы в значительной степени стимулировать дальнейший рост перспективного сектора экономики. Однако за последние несколько лет с новой остротой обо-

значились критические факторы, влияющие на конечную стоимость топлива непосредственно в аэропортах арктической зоны, такие как сложности в логистической цепочке поставок авиатоплива, и прежде всего многочисленные перевалки со сменой транспорта при поставке в труднодоступные районы арктической зоны Крайнего Севера [1, 2].

Чтобы провести анализ и понять современное состояние дел с авиатопливообеспечением в районах Крайнего Севера и Арктики, необходимо детально разобраться во всей технологической цепочке от производства до транспортировки авиатоплива в удаленные аэропорты, что поможет определить основные факторы ценообразования авиаперелетов, а также понять стоимостные риски при поставке авиакомпаниям топлива в рассматриваемый регион.

Еще больше усугубляет проблему логистической цепочки поставок озабоченность нефтяных компаний рисками сокращения оборотных средств при хранении больших запасов топлива. Во многих случаях авиакомпании вынуждены покупать топливо у топливозаправочных компаний (ТЗК) непосредственно в аэропорту, предполагая, что их поставщики имеют достаточные запасы топлива в самом аэропорту и по приемлемой цене¹, но чаще всего оказываются в роли «ценовых заложников» у монопольного поставщика. Приход на рынок второй топливозаправочной компании, т. е. конкурента, также не дает ожидаемого ценового эффекта, или же последний становится кратковременным, так как новый игрок в результате сложившейся конъюнктуры подстраивается под имеющиеся ценовые условия в том или ином аэропорту или же регионе. В результате авиакомпании попадают в зависимость и не имеют времени и средств для поиска альтернативы из-за сложно-временной логистической цепочки поставок из перевалочных пунктов в арктические районы и, главное, возможности

влиять на ценовую обоснованность и прозрачность самих поставок. Закупка авиакомпаниями авиатоплива самостоятельно на рынке или на международной товарно-сырьевой бирже в Санкт-Петербурге, безусловно, является существенно более эффективным бизнес-решением, позволяющим хеджировать цены, однако требует значительных свободных финансовых средств и, главное, не решает сложных логистических проблем поставок топлива в удаленные районы Арктики [3, 4].

Эффективное управление современными системами обеспечения транспортной инфраструктуры невозможно без использования методов экономико-математического моделирования для критического анализа факторов текущего состояния. Так, в регионах с повышенными рисками на деятельность любого предприятия воздушного транспорта и системы обеспечения бесперебойной работы на Крайнем Севере, Арктике и на всем Дальнем Востоке существенное влияние оказывают многочисленные факторы внешней и внутренней среды, природного и антропогенного характера [5].

Особенности обеспечения авиатопливом в аэропортах арктической зоны

Организация завоза авиатоплива является стратегической задачей, напрямую влияющей на бесперебойное (стабильное) жизнеобеспечение регионов арктической зоны, в том числе и Республики Саха (Якутия). При этом наиболее важным фактором формирования конечной стоимости авиационного топлива для авиакомпаний России является географический, который включает в себя степень удаленности от производителей – нефтеперерабатывающих заводов; проблему климатического влияния на технологический процесс доставки топлива; возможность хранения и транспортировки. Так, Республика Саха (Якутия) из-за огромных размеров (площадь более 3 млн кв. км), но численности населения менее одного миллиона является регионом с особенными транспортно-логистиче-

¹ Постановление Правительства РФ от 22.07.2009 № 599 «О порядке обеспечения доступа к услугам субъектов естественных монополий в аэропортах» [Электронный ресурс] // consultant.ru. URL: http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_89863/ (дата обращения: 14.08.2021).

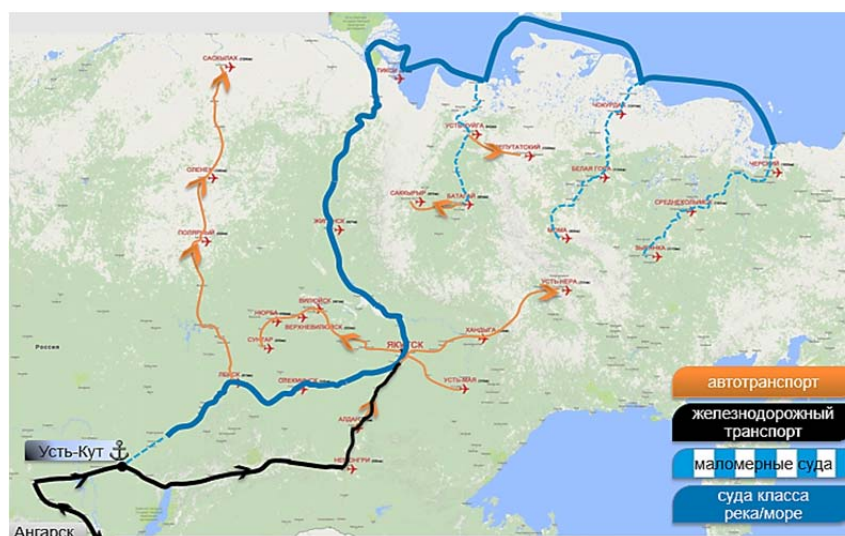


Рис. 1. Действующая схема завоза авиатоплива в Республику Саха (Якутия)
Fig. 1. The current scheme for the jet fuel delivery to the Republic of Sakha (Yakutia)

скими системами доставки топлива. Наземная транспортная инфраструктура круглогодичного действия во многих районах республики практически отсутствует (около 90 % территории не имеет круглогодичной транспортной доступности), что делает социальную сферу и экономику региона чрезвычайно зависимыми от авиационного сообщения. Поэтому для 85 % территории авиация является единственным круглогодичным средством транспортного сообщения. Разброс населенных пунктов и, соответственно, аэродромной сети в арктической зоне, отсутствие круглогодичного транспортного сообщения, кроме воздушного, погодноклиматические условия и географическая удаленность от транспортных узлов РФ делают географический фактор ключевым звеном во всей цепочке ценообразования конечной стоимости этого жизненно важного продукта. Поэтому для арктической зоны важно решение проблем отсутствия развитой аэродромной сети, современных региональных воздушных судов, приспособленных для эксплуатации в условиях экстремально низких температур, что усиливает влияние географического фактора, имеющего наиболее решающее значение в обеспечении транспортной доступности стратегического региона Арктики.

Основной проблемой авиатопливообеспечения является формирование конечной сто-

имости авиатоплива в аэропортах той территории Якутии, которая не имеет железнодорожного сообщения, и особенно в аэропортах арктической зоны, где ключевым фактором, наряду с географической удаленностью, являются природные условия северного региона и система снабжения авиационным топливом существенно затруднена.

В 2021 году наблюдался существенный рост цен на топливо при торгах на Санкт-Петербургской международной товарно-сырьевой бирже, где за последние полгода цена авиационного керосина превысила 60 тыс. рублей за тонну продукта. В свою очередь, учитывая всю сложную логистику поставки, стоимость тонны авиатоплива в Якутске на осень 2021 года поднялась до 88 тыс. рублей с поставкой «в крыло». В арктических же аэропортах (Черский, Чокурдах, Саскыллах, Оленек), где конечная стоимость формируется сложной логистикой и многократной перевалкой топлива до 8 раз в такие аэропорты, как Депутатский, Белая Гора, Среднеколымск, Зырянка, и до 9 раз в аэропорты Батагай, Мома и Саккырыр (рис. 1), она уже вплотную приблизилась к 100 тыс. рублей.

Организация завоза авиатоплива в республику для нужд авиакомпаний имеет многоступенчатую схему поставки с многократной сменой видов транспорта и перевалочных пунктов. Поставка авиатоплива от ближайшего нефте-



Рис. 2. Действующая схема завоза авиатоплива Чукотского автономного округа
Fig. 2. The current scheme for the jet fuel delivery in the Chukotka Autonomous District

перерабатывающего завода (НПЗ) г. Ангарска осуществляется сначала железнодорожным транспортом до пунктов накопления в п. Усть-Кут Иркутской области для его дальнейшей перевалки и транспортировки. В Усть-Куте топливо, предназначенное для аэропортов Нерюнгри, Алдан, Якутск, отправляется железнодорожным транспортом, другая часть топлива перегружается на маломерные суда для транспортировки по мелководному руслу реки Лены. Одновременно с этим часть топлива, предназначенная для снабжения северо-западной части Якутии, аэропортов Полярный, Оленек и Саскыллах, транспортируется автоцистернами по «зимникам» в г. Ленск. Но основная часть топлива, как сказано выше предназначенная для группы аэропортов центральной части Якутии, транспортируется ж/д транспортом на ближайшую к аэропорту Якутска станцию Нижний Бестях. Далее часть топлива для труднодоступных и отдаленных арктических аэропортов с перевалкой груза на водный транспорт проводится до пунктов доставки и хранения по двухступенчатой схеме в зависимости от сезона (рис. 1):

- с момента открытия навигации (с июня) по главной магистральной реке Лене на боковые и малые реки Вилюй, Алдан, Амга;
- после открытия навигации на арктических реках Яне, Индигирке и Колыме (с середины июня – июля) груз, завезенный в предыдущую навигацию, из пунктов хранения доставляется в аэропорты назначения;

- с открытием арктической навигации по Северному морскому пути, с августа, груз перевозится по магистральной реке Лене, морским путем и далее по арктическим рекам Яне, Индигирке, Колыме, Оленек и Анабар^{2,3}.

Такую же сложную логистическую схему поставки имеют и другие регионы Крайнего Севера, например аэропорты Чукотского автономного округа (рис. 2).

Транспортировка осуществляется в три этапа продолжительностью более 9 тыс. километров и занимает от девяти месяцев. Первый этап транспортировки происходит от нефтеперерабатывающего завода речным транспортом по рекам Иртыш и Обь. Затем производится перегрузка в морские танкеры и далее до портов Певек и Анадырь, а также мыс

² Постановление Правительства Республики Саха (Якутия) от 26 декабря 2016 года № 455 о проекте стратегии социально-экономического развития Республики Саха (Якутия) на период до 2030 года с определением целевого видения до 2050 года [Электронный ресурс] // Официальный интернет-портал правовой информации. 2017. 332 с. URL: <http://publication.pravo.gov.ru/Document/View/1400201701030003?rangeSize=50> (дата обращения: 14.08.2021).

³ Указ Президента Республики Саха (Якутия) от 12 октября 2011 г. № 985 «О государственной программе Республики Саха (Якутия) "Обеспечение безопасности жизнедеятельности населения Республики Саха (Якутия) на 2012–2019 годы"» [Электронный ресурс] // garant.ru. URL: <https://base.garant.ru/26727472/#friends> (дата обращения: 14.08.2021).

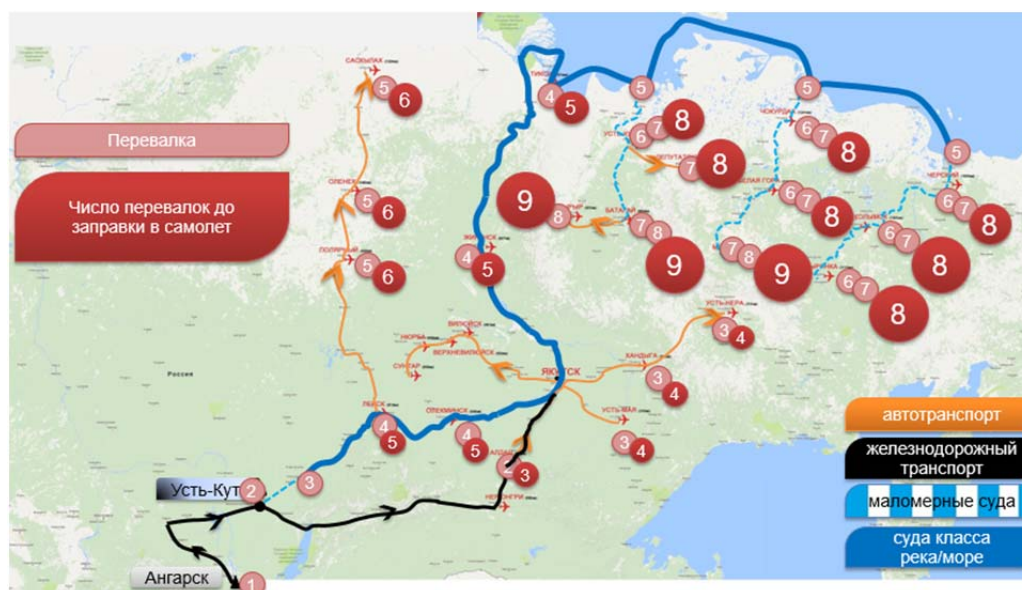


Рис. 3. Действующая схема завоза авиатоплива в Республику Саха (Якутия)
Fig. 3. The current scheme for the jet fuel delivery to the Republic of Sakha (Yakutia)

Шмидта, Лаврентия, Провидения, Эгвекино и Беринговский. Третий этап состоит в доставке авиатоплива из города Певека в аэропорт поселка Кепервеем также по «зимникам».

Сложная логистика транспортировки топлива в районы Крайнего Севера и необходимость его последующего хранения с возможностью использования только на следующий год от закупки и начала транспортировки кроме удорожания имеет риск снижения качества топлива в конечном пункте хранения, например по параметру электропроводности, что в конечном счете вынуждает авиакомпании списывать десятки тонн с трудом доставленного топлива на технические нужды [6, 7].

Завоз авиатоплива усложняется следующими природными факторами:

- в летний период – спадом уровня воды на реках республики и ограничением судоходства;
- в зимний период – обильными осадками (снег) в северных арктических районах.

В отдельные населенные пункты, особенно арктических и северных улусов, транспортная доступность которых составляет от 30 до 90 дней, доставка авиатоплива осуществляется в зимний период только автомобильным транспортом при открытии «зимника».

Ситуацию усугубляет тот факт, что на территории Республики Саха (Якутия) отсутствует гарантирующий поставщик авиатоплива в аэропортах следующих населенных пунктов:

- с 2016 г.: г. Мирный, г. Ленск, г. Олекминск, п. Оленек, п. Саскыллах, п. Полярный и п. Усть-Нера;
- с 2017 г.: г. Вилюйск, г. Нюрба, п. Сунтар.

География территории «без гарантирующего поставщика авиатоплива» имеет тенденцию роста. Несмотря на условия ограниченных оборотных средств, авиакомпания «Якутия», «Полярные авиалинии», организуют завоз и хранение авиатоплива собственными ресурсами. Закупая авиатопливо на Санкт-Петербургской международной товарно-сырьевой бирже, авиакомпания выполняет несвойственную, по сравнению с другими регионами, функцию, обеспечивая доставку и хранение топлива по всей логистической цепочке до вышеназванных пунктов самостоятельно.

Беспрецедентным является тот факт, что после всей многоступенчатой транспортировки авиатоплива с восемью или девятью перевалками, его использование для заправки воздушных судов возможно только на второй год после закупки (рис. 3).

Проблема качества. Потеря удельной электропроводности авиационного топлива

В 2017–2018 гг. остро проявилась проблема с обеспечением качественных показателей авиатоплива в разных точках аэропортовой сети республики. В связи с отсутствием качественного авиатоплива в ряде северных аэропортов республики, дополнительные некомпенсируемые затраты авиакомпании «Якутия», связанные с дополнительной посадкой воздушных судов на дозаправку в другие аэропорты, составили 43,5 млн рублей.

Вопрос по качественным показателям авиатоплива удельной электропроводности становится очень острым для гражданской авиации по всей территории Республики Саха (Якутия). Одним из факторов, влияющих на завоз авиатоплива, является высокое требование к качеству авиатоплива, обеспечение которого затруднено в условиях старения существующей инфраструктуры при многократной перевалке во время перевозки водным транспортом авиатоплива до конечных пунктов. Электрические свойства топлива в значительной степени определяются удельной электрической проводимостью, которая для товарных реактивных топлив выражается в единицах пикосименс/метр ($1 \text{ пСм/м} = 10 \text{ Ом}\cdot\text{м}$) [6, 7]. Особенно опасна электризация тех видов топлив, которые имеют широко фракционный состав с бензиновыми фракциями⁴ [8, 9].

Именно значительное количество смен средств транспорта доставки, так называемых перевалок топлива – слива-налива и перекачек по трубопроводам со сменой транспортных емкостей или емкостей хранения, оказывает негативное влияние на качество доставляемого топлива в конечный пункт назначения, где выявляется ухудшение электрических свойств топлива, т. е. параметра удельной электропроводности. Критически максимальными значе-

ниями до восьми или даже девяти перевалок топлива характеризуется доставка топлив в такие аэропорты, как Батагай, Зырянка, Саккырыр, Черский, Чокурдах, Среднеколымск и Белая Гора (рис. 3).

Тенденции топливного рынка Республики Саха (Якутия) и их сравнение с общероссийским рынком

Наиболее весомым ценовым фактором в экономике авиакомпаний, выполняющих полеты в арктические районы и обеспечивающих транспортную доступность региона, является формирование стоимости авиатоплива в базовом аэропорту г. Якутска, где, как уже указывалось, наличие двух альтернативных поставщиков не дало значимого эффекта снижения цены или этот эффект был кратковременным (рис. 4). Анализ динамики цен на авиатопливо у двух основных поставщиков за 2020 и 2021 годы в ключевом для обеспечения транспортной доступности региона аэропорту Якутск показывает тенденцию устойчивого его роста (рис. 5).

При существующей конъюнктуре цен на рынке авиатоплива авиакомпании смогут рассчитывать на дополнительную компенсацию затрат на авиатопливо только в случае увеличения цены экспортной альтернативы (Цкер ЭКСП) более чем на 10 % от текущего значения, исходя из установленной законом формулы расчета дополнительного возмещения акциза (Вавиа).

Установленный Федеральным законом от 30.07.2019 № 255-ФЗ «О внесении изменений в часть вторую Налогового кодекса РФ» демпфирующий механизм формально предполагает возможность получения авиакомпаниями дополнительного возмещения акциза (Вавиа) за каждую тонну закупленного топлива в размере 70 % в 2019 г. и 65 % с 2020 г. разницы между средней ценой экспортной альтернативы (Цкер ЭКСП) и условным значением средней оптовой цены реализации авиационного керосина на территории РФ (Цкер ВР).

⁴ Реактивные топлива (Электрические свойства топлива). Нектон-Сиа. [Электронный ресурс] // НЕКТОН СИА. URL: https://nec-ton-sea.ru/articles/reaktivnye_topliva_%28elektricheskie_sv_oystva_topliva%29/ (дата обращения: 14.08.2021).

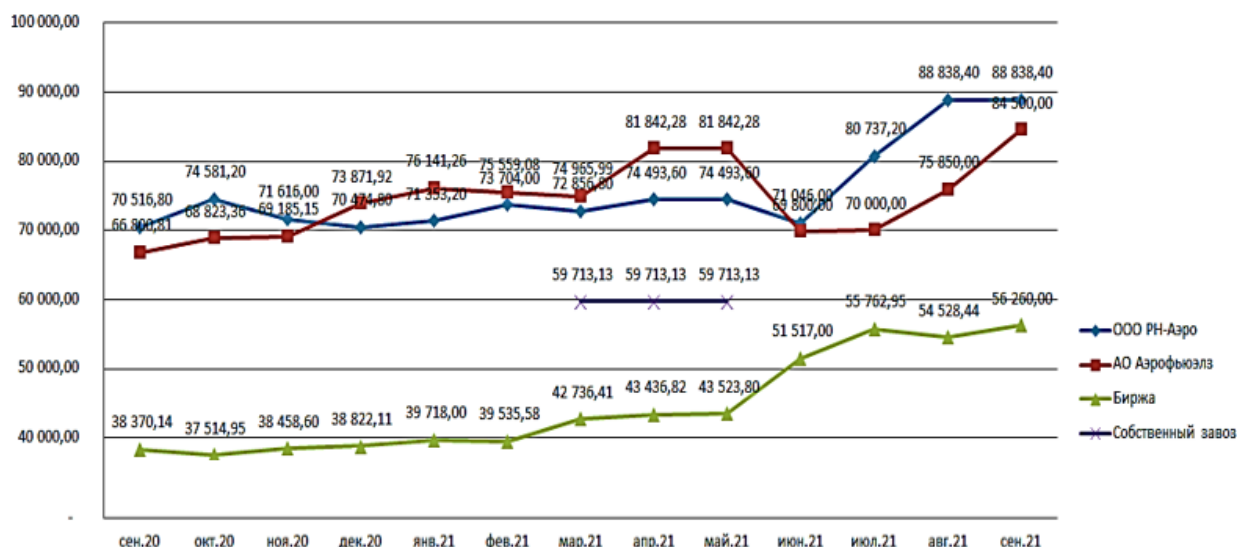


Рис. 4. Сравнение средней стоимости авиатоплива по данным Росавиации со стоимостью авиатоплива «в крыло» с НДС в Якутске за период 2018–2021 гг.

Fig. 4. Comparison of the average cost of jet fuel according to the Federal Air Transport Agency with the cost of jet fuel "in the wing" with VAT, in Yakutsk for the period 2018–2021

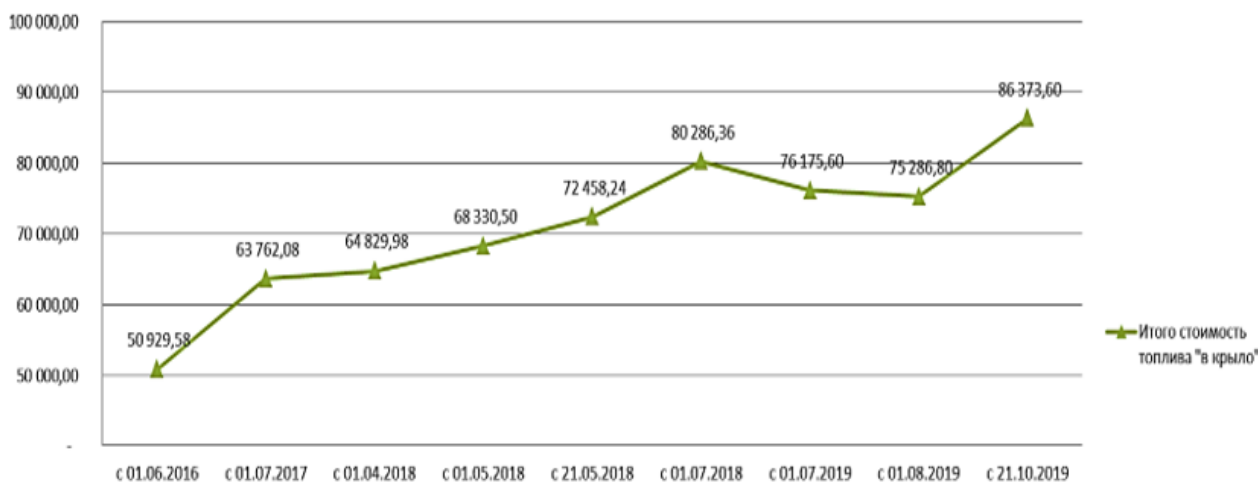


Рис. 5. Стоимость авиатоплива «в крыло» в Якутске за период с 01.06.2016 по 21.10.2019

Fig. 5. The cost of jet fuel "in the wing" in the city of Yakutsk for the period from 06/01/2016 until 10/21/2019

Из рассчитанного, например, за август допандемийного 2019 года значения цены экспортной альтернативы (Цкер ЭКСП) дополнительное возмещение за август будет равно нулю. Последующий ежегодный рост на 5 % установленного законом значения Цкер ВР снижает вероятность дополнительного возмещения акциза в будущем почти до нуля.

Методология исследования

Факторный анализ проблемы завоза авиатоплива путем оптимизации логистической схемы

В условиях реальной экономики между результативными показателями и факторами действуют вероятностные (стохастические) связи. Оценить результаты их действия воз-

Таблица 1
Table 1

Параметры регрессионной модели
Parameters of the regression model

| № | Показатель | Ед. изм. |
|-------|---|-----------|
| X_1 | Стоимость 1 барр. топлива | тыс. руб. |
| X_2 | Количество перевалок топлива (по логистическому маршруту) | % |
| X_3 | Проблема качества топлива (в процентах отклонения от норматива чистоты топлива в год) | % |
| Y | Чистый доход (экономия) | млн руб. |

можно методами статистики, основу которых составляют построение и анализ соответствующей математической модели [10].

Считаем целесообразным дополнять результаты факторного анализа, для чего может быть использован аппарат экономико-математического моделирования [10–13]. Поэтому целью дальнейшего этапа исследования является анализ возможностей применения корреляционно-регрессионного анализа для оценки факторов оптимизации завоза авиатоплива путем оптимизации логистической схемы. На основе предложенной регрессионной модели могут быть выбраны наиболее оптимальные варианты развития топливного обеспечения Республики Якутия для воздушного транспорта в предстоящем периоде. Оценить результаты их действия возможно методами статистики, основу которых составляют построение и анализ соответствующей математической модели. В данном исследовании прогнозирование значений результативного показателя осуществляется на основе динамики его значений в прошлых периодах. С этой целью рассмотрим возможности применения корреляционно-регрессионного анализа, который позволит перейти от функциональной связи между факторами и результативным показателем в стохастической зависимости [14–16]. Зависимость оказывает больший эффект в условиях реальной экономики. Корреляционно-регрессионный анализ обеспечивает определение влияния факторов, для которых невозможно построить жесткую детерминированную факторную модель [14–17].

Для реализации принципов корреляционно-регрессионного анализа в рамках поставленной задачи требуется выполнение ряда условий:

- для построения уравнения регрессии необходима определенная совокупность объектов: в нашем исследовании – пространственно-временная (данные по поставкам авиационного топлива в Республику Якутия за 2019–2021 годы, которые распределялись по кварталам);
- необходим достаточный объем наблюдений (в связи с этим данные анализируются по кварталам, чтобы исключить влияние внешних факторов на оценочные показатели при значительной пролонгации);
- совокупность должна быть однородной.

В качестве результативного признака в работе был использован стоимостный показатель, который наилучшим образом позволяет отразить степень эффективности поставки авиационного топлива в Якутию. Для того чтобы выполнить условия вышеуказанных принципов проведения анализа, выбор факторов осуществлялся с учетом их однородного характера. Как видно из табл. 1, основным параметром оценки является экономический эффект, который достигается и рассчитывается как показатель чистой прибыли от организации логистического процесса на 1 барр. топлива (созависимая переменная). На степень корреляции данной зависимости влияют количественные факторы оценки эффективности x_2 для определения логистического фактора и x_3 для введения в модель параметра качества.

Таблица 2
Table 2

Значения параметров регрессионной модели
Values of the regression model parameters

| № | Чистый доход (экономика) | Стоимость доставки 100 барр. | Количество перевалок на 1 барр. | Проблема качества |
|----|-----------------------------|---------------------------------|------------------------------------|----------------------|
| 1 | 40200 | 39120 | 0,055 | 0,560 |
| 2 | 38450 | 36300 | 0,065 | 0,450 |
| 3 | 41150 | 40250 | 0,106 | 0,390 |
| 4 | 36269 | 34550 | 0,089 | 0,480 |
| 5 | 51350 | 49880 | 0,069 | 0,960 |
| 6 | 52500 | 49950 | 0,048 | 0,780 |
| 7 | 53900 | 52120 | 0,062 | 0,570 |
| 8 | 54919 | 53915 | 0,078 | 0,390 |
| 9 | 55200 | 23760 | 0,049 | 0,290 |
| 10 | 57150 | 52130 | 0,064 | 0,780 |
| 11 | 54150 | 51600 | 0,036 | 0,630 |
| 12 | 62900 | 59340 | 0,026 | 0,650 |

Использование регрессионного анализа позволило определить функцию, согласно которой было установлено влияние параметров модели на зависимую переменную Y (оценка чистого дохода). В общем виде уравнения регрессии, которые оцениваются, имеют следующий вид:

$$Y = a_0 + a_1 X_1 + a_2 X_2 + a_3 X_3 \quad (1)$$

Анализ коэффициентов регрессии позволяет нам выяснить степень влияния факторов на исходную смену.

Графически, используя экспериментальные данные, в исследовании была проведена проверка наиболее значимых факторов, влияющих на результат, разделив их на изменяющиеся в зависимости от условий доставки и неизменяющиеся. После проведения центрирования данных (рис. 6) построена модель оценки стоимости, которая позволит смоделировать процесс доставки авиатоплива с учетом изменяющихся условий.

Для определения коэффициентов регрессии модели в работе были использованы следующие первичные данные, отражающие текущее состояние производства (табл. 2). По результатам анализа удалось пропорционально распределить оценки влияния показателя качества x_2 по зависимому показателю Y на основании результатов статистических данных по ценам и логистике авиатоплива в северный регион. Линейная модель имеет следующий вид:

$$Y = 86373,60 + 82800X_1 + 59713,13X_2 + 46,6 X_3. \quad (2)$$

Обсуждение полученных результатов исследования

Как свидетельствуют результаты исследования, наибольший вес имеет такой показатель, как стоимость доставки 100 барр. $A = 0,4531$. Отличный знак коэффициента при показателе «Количество перевалок на 1 барр.» означает, что значительное увеличение в структуре стоимости приводит к снижению результативного показателя чистого дохода.

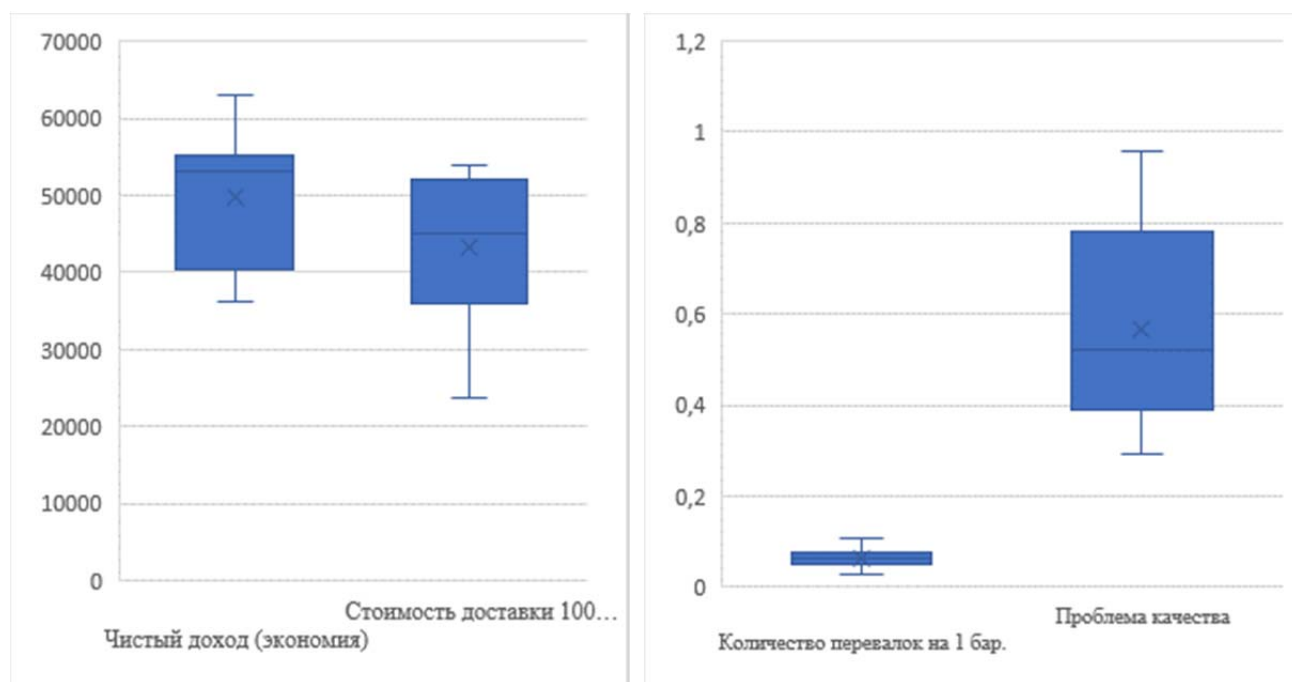


Рис. 6. Изменяющиеся факторы стоимости доставки топлива региона (в Якутске за период 2018–2021 гг.)
Fig. 6. Changing factors of the cost of fuel delivery in the region (in Yakutsk for the period 2018–2021)

Полученный коэффициент множественной корреляции и значения остаточной дисперсии показывают тесноту связи результативного показателя с факторными показателями, т. е. характеризуют качество выбора уровня регрессии. В нашем случае $R = 0,7714$, а показатели остаточной дисперсии факторов равны соответственно $0,5950$. На основании полученных результатов можно сделать вывод, что построенная нами модель отобрана правильно. Коэффициент детерминации указывает на долю влияния выбранных показателей на результативный показатель. В данном случае регрессия зависимого фактора на показатель модели объясняет $59,5\%$ вариативности значений Y . Значение этого показателя составляет $0,443$. Поскольку полученный результат больше критического, то с вероятностью в 95% можно утверждать о существенности связи между параметрами модели.

Факторная дисперсия характеризует вариацию результативного признака, которая объясняется факторами, которые вошли в модель. По результатам этого показателя нами были получены следующие значения этого показателя: $t \text{ крит.} = 3,72$.

Анализ полученных значений позволяет сделать вывод, что в среднем наиболее influential фактором является такой показатель, как себестоимость перевозок топлива. Для оценки значимости полученных коэффициентов регрессии используется критерий t . Таким образом, полученные результаты моделирования позволяют не только спрогнозировать общие показатели оценки его деятельности, но и определить развитие предприятия в будущем. Чтобы показать значимость полученных результатов, представим графически статистическое распределение экспериментальных данных, чтобы проиллюстрировать наиболее значимые факторы, влияющие на результат. На рис. 6 разделим их на изменяющиеся в зависимости от условий доставки и неизменяющиеся. Для изменяющихся необходимо продумать интервал изменения. Затем, проведя центрирование данных, построить модель оценки себестоимости, которая позволила бы моделировать процесс доставки авиатоплива с учетом изменяющихся условий.

Для вычисления сглаженных уровней ряда Y_t применяется формула

Таблица 3
Table 3

Интервал сглаживания параметров регрессионной модели
Smoothing interval of the regression model parameters

| t | Y Чистый доход (экономия) | x ₁ Стоимость доставки 100 барр. | x ₂ Количество перевалок на 1 барр. | x ₃ Проблема качества | Y(t) | S(t)ср. | S(t)вз. |
|----|------------------------------------|--|---|--|-------|---------|---------|
| 1 | 40200 | 39120 | 0,055 | 0,560 | 130,0 | | |
| 2 | 38450 | 36300 | 0,065 | 0,450 | 120,0 | 121,67 | |
| 3 | 41150 | 40250 | 0,106 | 0,390 | 115,0 | 130,33 | 123,14 |
| 4 | 36269 | 34550 | 0,089 | 0,480 | 156,0 | 153,33 | 155,14 |
| 5 | 51350 | 49880 | 0,069 | 0,960 | 189,0 | 171,67 | 179,40 |
| 6 | 52500 | 49950 | 0,048 | 0,780 | 170,0 | 175,33 | 173,69 |
| 7 | 53900 | 52120 | 0,062 | 0,570 | 167,0 | 180,67 | 178,23 |
| 8 | 54919 | 53915 | 0,078 | 0,390 | 205,0 | 183,33 | 175,18 |
| 9 | 55200 | 23760 | 0,049 | 0,290 | 178,0 | 186,33 | 171,14 |
| 10 | 57150 | 52130 | 0,064 | 0,780 | 167,0 | 193,33 | |
| 11 | 54150 | 51600 | 0,036 | 0,630 | 162,0 | | |
| 12 | 62900 | 59340 | 0,026 | 0,650 | | | |

$$Y_t = \frac{\sum_{i=t-p}^{t+p} y_i}{x_n}, \text{ где } p - \text{ вероятность изменения}$$

фактора по Y.

$$Y_t = \frac{\sum_{i=t-p}^{t+p} Y_i \cdot w_i}{\sum_{i=t-p}^{t+p} w_i}, \quad (3)$$

В результате такой процедуры получают-ся ($x_n - m + 1$) сглаженных значений уровней ряда; первые p и последние p уровней ряда теряются (не сглаживаются).

При четных значениях по t после проце-дуры сглаживания обычно поводят центри-рование полученного ряда (находят средние значения двух последовательных скользящих средних для определения зависимости фак-торов).

Рассмотрим двухфакторную линейную модель для x_2 «Количество перевалок топли-ва (по логистическому маршруту)» и x_3 «Проблема качества топлива (в процентах отклонения от норматива чистоты топлива в год)»:

где w_i – весовые коэффициенты, определя-емые методом наименьших квадратов, при этом выравнивание на каждом интерва-ле сглаживания осуществляется чаще все-го с применением полиномов второго или третьего порядков. Весовые коэффици-енты для интервала 5 будут следующие: $\frac{1}{35}[-3,12,17,12,-3]$. Выберем интервал сгла-живания $m = 5$ и проведем сглаживание взвешенной скользящей на второй степени, используя данные табл. 2.

В этом случае текущее значение времен-ного ряда принимается во внимание на осно-ве сглаживающей константы (веса), которая позволяет определить зависимые и независи-мые факторы. Поэтому проведем экспонен-циальное сглаживание временного ряда. Оцененное уравнение модели запишется:

$$\hat{Y} = a_0 + a_1 \cdot X_1 + a_2 \cdot X_2 + a_3 \cdot X_3 + \varepsilon, \text{ откуда } A = \begin{pmatrix} a_0 \\ a_1 \\ a_2 \end{pmatrix} = (X^T \cdot X)^{-1} \cdot (X^T \cdot Y). \quad (4)$$

Введем матрицу:

$$X = \begin{pmatrix} 39120 & 0,055 & 0,560 \\ 36300 & 0,065 & 0,450 \\ 40250 & 0,106 & 0,390 \\ 34550 & 0,089 & 0,480 \\ 49880 & 0,069 & 0,960 \\ 49950 & 0,048 & 0,780 \\ 52120 & 0,062 & 0,570 \\ 53915 & 0,078 & 0,390 \\ 23760 & 0,049 & 0,290 \\ 52130 & 0,064 & 0,780 \\ 51600 & 0,036 & 0,630 \\ 59340 & 0,026 & 0,650 \end{pmatrix}; \quad X^T = \begin{pmatrix} 40200 & 38450 & 41150 & 36269 & 51350 & 52500 & 53900 & 54919 & 55200 & 57150 & 54150 & 62900 \\ 39120 & 36300 & 40250 & 34550 & 49880 & 49950 & 52120 & 53915 & 23760 & 52130 & 51600 & 59340 \\ 0,055 & 0,065 & 0,106 & 0,089 & 0,069 & 0,048 & 0,062 & 0,078 & 0,049 & 0,064 & 0,036 & 0,026 \end{pmatrix};$$

$$X^T \cdot X = \begin{pmatrix} 598138 & 542915 & 0,747 \\ 542915 & 138940 & 14550 \\ 0,747 & 14550 & 1741 \end{pmatrix}; \quad X^T \cdot Y = \begin{pmatrix} 1470 \\ 215940 \\ 25150 \end{pmatrix}.$$

Запишем систему нормальных уравнений:

$$\begin{cases} 598138a_0 + 542915a_1 + 0,747a_2 \\ 542915a_0 + 138940a_1 + 14550a_2 \\ 0,747a_0 + 14550a_1 + 1741a_2 \end{cases}$$

Найдем матрицу

$$(X^T \cdot X)^{-1} = \begin{pmatrix} 1,5734 & 0,002 & 0,1127 \\ 0,002 & 0,00006 & 0,006 \\ 0,1127 & 0,0006 & 0,0127 \end{pmatrix}.$$

$$\text{Тогда } A = (X^T \cdot X)^{-1} \cdot (X^T \cdot Y) = \begin{pmatrix} 16,07 \\ 0,249 \\ -61,36 \end{pmatrix}.$$

Уравнение модели:

$$Y = -61,36x_3 + 0,25x_2 + 16,07x_1.$$

Таким образом, мы подтвердили, что фактор x_3 «Стоимость доставки 100 барр.» явля-

ется отрицательно зависимым и имеет наибольший критический вес, а значимость фактора x_2 «Проблема качества» не превышает весовое значение 0,25. А x_1 «Количество перевалок на 1 барр.» имеет весовое значение 16,07 как созависимый фактор с x_2 .

Это означает, что для Y на 16,07 % приращение прибыли можно объяснить только снижением стоимости доставки топлива x_1 и только на 0,25 % дополнительными вложениями в перевалочные пункты x_2 . Фактор качества является для модели независимым.

Заключение

Кроме фактора высокой конечной стоимости авиатоплива, также для устойчивого функционирования гражданской авиации по всей территории Республики Саха (Якутия) достаточно острым становится вопрос качественных показателей доставляемого авиатоплива, его удельной электропроводности. Обеспечение высоких требований по качеству авиатоплива затруднено прежде всего

сложной и многоэтапной схемой транспортировки с необходимостью многократной перевалки топлива со сменой нескольких видов транспорта, железнодорожного, водного и автомобильного, прежде чем топливо достигнет конечных пунктов назначения, где также оказывает влияние стареющая инфраструктура хранения авиатоплива.

В сложившихся транспортно-логистических условиях сложной схемы поставок авиатоплива в арктические районы Якутии и всего Крайнего Севера одним из возможных решений там, где для этого есть технологические возможности, для сохранения качественных показателей завозимого авиатоплива и повышения удельной объемной электропроводности при интенсификации технологических процессов перекачки и перевозки авиатоплива, является более широкое использование добавок от статического электричества в виде специальной присадки (СИГБОЛ) [18, 19].

В вопросе поиска путей снижения стоимости авиатоплива предлагается рассмотреть два альтернативных варианта совершенствования механизма возмещения сумм акциза, начисления при получении авиационного керосина авиаперевозчиками.

1. Снизить условное значение средней оптовой цены реализации авиационного керосина на территории РФ (Цкер ВР) на 2019 г. с 48300 до 40000 руб. за тонну (40000 руб/т – фактический уровень на декабрь 2017 г.) и далее ежегодно увеличивать значение Цкер ВР на уровень инфляции, установленный Росстатом, а не на фиксированные 5 %.

2. Внести в пункт 21 статьи 200 Налогового кодекса РФ изменения, предусматривающие повышение с 2,08 до 3,5 коэффициента суммы акциза и ставку акциза до уровня 3500 руб. за одну тонну, начисленной при получении авиационного керосина налогоплательщиком (ранее данный вариант уже предлагался АЭВТ и был поддержан Минтранс России).

Для обоих вариантов в целях дополнительной компенсации затрат авиакомпаний на приобретение авиакеросина в аэропортах,

расположенных в Дальневосточном федеральном округе, установить в пункте 27 статьи 200 Налогового кодекса РФ значение Кдт комп равным 1,5.

Неотложное принятие данных мер будет способствовать значительному снижению затрат и улучшит экономику авиакомпаний, выполняющих полеты в самых непростых условиях Крайнего Севера, Якутии, Чукотки и поддерживающих авиатранспортную доступность населения всего Дальнего Востока как неотъемлемого и стратегически важнее региона Российской Федерации.

Список литературы

1. Емельянова А.В. Пути развития региональных маршрутов авиационных перевозок Красноярского края // Модернизация аэропортов и развитие авиаперевозок – 2020: материалы III Всероссийской научно-практической конференции. Санкт-Петербург, 16–17 апреля 2020 г. СПб.: Санкт-Петербургский государственный университет гражданской авиации, 2020. С. 44–47.
2. 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.
3. Шведов А.С. Процентные финансовые инструменты: оценка и хеджирование. М.: ГУ-ВШЭ, 2001. 152 с.
4. Вдовенков А.А. Использование хеджирования в деятельности авиакомпаний для страхования рисков изменения цены авиатоплива // Научный Вестник МГТУ ГА. 2007. № 118. С. 153–155.
5. 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 (108). С. 32–37.
6. Грядунов К.И. Химмотология авиационных горюче-смазочных материалов: тексты лекций. М.: ИД Академии Жуковского, 2021. С. 184.

7. **Коняев Е.А., Грядунов К.И.** Эксплуатационные свойства авиационных горючесмазочных материалов: учеб. пособие. М.: МГТУ ГА, 2013. 77 с.

8. **Спиркин В.Г.** Химмотология топлив: учеб. пособие / Под ред. И.Г. Фукса. М.: Нефть и газ, 2002. 182 с.

9. **Дубовкин Н.Ф.** Физико-химические и эксплуатационные свойства ракетных топлив: справочник / Н.Ф. Дубовкин, В.Г. Маланчева, Ю.П. Массур, Е.П. Федоров. М.: Химия, 1985. 240 с.

10. **Бутакова М.М.** Экономическое прогнозирование: методы и приемы практических расчетов: учеб. пособие. 2-е изд., испр. М.: КНОРУС, 2010. 168 с.

11. **Харитонов Д.Е.** Корреляционно-регрессионный анализ в экономике // *Контентус*. 2016. № 8 (49). С. 176–179.

12. **Dhamodharavadhani S., Rathipriya R.** Variable selection method for regression models using computational intelligence techniques. In handbook: of Research on Machine and Deep Learning Applications for Cyber Security / In Ganapathi P., Shanmugapriya D. (Ed.). IGI Global, 2020. Pp. 416–436. DOI: 10.4018/978-1-5225-9611-0.ch019

13. **Просветов Г.И.** MBA: задачи и решения: учебно-практическое пособие. М.: Альфа-Пресс, 2010. 527 с.

14. **Дрейпер Н., Смит Г.** Прикладной регрессионный анализ. 3-е изд. М.: Вильямс, 2007. 912 с.

15. **Magnello M.E.** Karl Pearson and the establishment of mathematical statistics // *International Statistical Review*. 2009. Vol. 77, iss. 1. Pp. 3–29. DOI: 10.1111/j.1751-5823.2009.00073.x

16. **Obuchowski N.A.** Multivariate statistical methods // *American Journal of Roentgenology*. 2005. Vol. 185, no. 2. Pp. 299–309. DOI: 10.2214/ajr.185.2.01850299

17. **Стрижов В.В., Крымова Е.А.** Методы выбора регрессионных моделей. М.: Вычислительный центр РАН, 2010. 60 с.

18. **Горюнова А.К.** Сравнительная оценка эффективности современных и перспективных противоизносных присадок к реактивным топливам / А.К. Горюнова, В.В. Кон-

дратенко, И.М. Никитин, В.В. Сузиков // *Научный Вестник МГТУ ГА*. 2016. № 225 (3). С. 45–48.

19. **Коняев Е.А., Грядунов К.И.** Эксплуатационные свойства авиационных горючесмазочных материалов: учеб. пособие. М.: МГТУ ГА, 2016. 80 с.

References

1. **Emelyanova, A.V.** (2020). [*Ways of developing regional air transportation routes in the Krasnoyarsk territory*]. *Modernizatsiya aeroportov i razvitiye aviaperevozok – 2020: materialy III Vserossiyskoy nauchno-prakticheskoy konferentsii*. St. Petersburg: Sankt-Peterburgskiy gosudarstvennyy universitet grazhdanskoj aviatsii, pp. 44–47. (in Russian)

2. **Gorshkova, I.V. & Klochkov, V.V.** (2010). [*Economic problems of managing the development of the air transport network in low-populated regions of Russia*]. *Upravleniye bolshimi sistemami*, issue 30, pp. 115–134. (in Russian)

3. **Shvedov, A.S.** (2001). [*Interest-bearing financial instruments: valuation and hedging*]. Moscow: GU-VShE, 152 p. (in Russian)

4. **Vdovenkov, A.A.** (2007). *Operating in the aviation industry is not an easy proposition in current times. Jet fuel prices are major component of operating costs and they are also one of the most volatile*. *Nauchnyy Vestnik MGTU GA*, no. 118, pp. 153–155. (in Russian)

5. **Gorbunov, V.P., Rukhlinskiy, V.M. & Savvina, A.M.** (2020). *The role of natural and anthropogenic factors in the modern state of the regional aviation of the Arctic and Far North*. *Nauka i Biznes: Puti razvitiya*, no. 6 (108), pp. 32–37. (in Russian)

6. **Gryadunov, K.I.** (2021). [*Chemmotology of aviation fuels and lubricants: lecture texts*]. Moscow: ID Akademii Zhukovskogo, pp. 184. (in Russian)

7. **Konyaev, E.A. & Grydunov, K.I.** (2013). [*Operational properties of aviation fuels and lubricants: Tutorial*]. Moscow: MGTU GA, 77 p. (in Russian)

8. **Spirkin, V.G.** (2002). [*Chemmotology of fuels: Tutorial*], in Fuks I.G. (Ed.). Moscow: Neft i gaz, 164 p. (in Russian)
9. **Dubovkin, N.F., Malanicheva, V.G., Massur, Yu.P. & Fedorov, E.P.** (1985). [*Physical, chemical and performance properties of rocket fuels: a handbook*]. Moscow: Khimiya, 240 p. (in Russian)
10. **Butakova, M.M.** (2010). [*Economical prediction: methods and techniques of practical calculations: Tutorial*]. 2nd ed., ispr., Moscow: KNORUS, 168 p. (in Russian)
11. **Kharitonova, D.E.** (2016). [*Correlation and regression analysis in economics*]. *Contentus*, no. 8 (49), pp. 176–179. (in Russian)
12. **Dhamodharavadhani, S. & Rathipriya, R.** (2020). *Variable selection method for regression models using computational intelligence techniques*. In handbook: of Research on Machine and Deep Learning Applications for Cyber Security, in Ganapathi P., Shanmugapriya D. (Ed.). IGI Global, pp. 416–436. DOI: 10.4018/978-1-5225-9611-0.ch019
13. **Prosvetov, G.I.** (2010). [*MBA: tasks and solutions: educational and practical guide*]. Moscow: Alfa-Press, 527 p. (in Russian)
14. **Draper, N. & Smith, H.** (1998). *Applied regression analysis*. 3rd ed. Publisher: Wiley-Interscience, 736 p.
15. **Magnello, M.** (2009). *Karl Pearson and the establishment of mathematical statistics*. *International Statistical Review*, vol. 77, issue 1, pp. 3–29. DOI: 10.1111/j.1751-5823.2009.00073.x
16. **Obuchowski, N.A.** (2005). *Multivariate statistical methods*. *American Journal of Roentgenology*, vol. 185, no. 2, pp. 299–309. DOI: 10.2214/ajr.185.2.01850299
17. **Strizhov, V.V. & Krymova, E.A.** (2010). [*Methods of regression models selection*]. Moscow: Vychislitelnyy tsentr RAN, 60 p. (in Russian)
18. **Goryunova, A.K., Kondratenko, V.V., Nikitin, I.M. & Suzikov, V.V.** (2016). *Comparative evaluation of the effectiveness of current and future anti-wear additives to jet fuels*. *Civil Aviation High Technologies*, no. 225 (3), pp. 45–48. (in Russian)
19. **Konyaev, E.A. & Grydunov, K.I.** (2016). [*Operational properties of aviation fuel and lubricants: Tutorial*]. Moscow: MGTU GA, 80 p. (in Russian)

Сведения об авторах

Горбунов Владимир Павлович, кандидат технических наук, генеральный директор АО «Авиакомпания "Якутия"», gorbunov.vladimir@yakutia.aero; vlad.gorbunov@bk.ru.

Самойленко Василий Михайлович, доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой авиатопливообеспечения и ремонта летательных аппаратов МГТУ ГА, v.samoilenko@mstuca.aero.

Кузнецов Сергей Викторович, профессор, доктор технических наук, заведующий кафедрой технической эксплуатации авиационных электросистем и пилотажно-навигационных комплексов МГТУ ГА, s.kuznetsov@mstuca.aero.

Стручкова Анна Михайловна, кандидат технических наук, начальник отдела управления базы данных АО «Авиакомпания "Якутия"», доцент кафедры информационных технологий СВФУ им. М.К. Аммосова, stuchkova.am@yakutia.aero.

Information about the authors

Vladimir P. Gorbunov, Candidate of Technical Sciences, General Director of JSC “Yakutia Airlines”, Yakutsk, gorbunov.vladimir@yakutia.aero; vlad.gorbunov@bk.ru.

Vasiliy M. Samoilenko, Doctor of Technical Sciences, Professor, The Head of the Aviation Fuel Supply and Aircraft Repair Chair, Moscow State Technical University of Civil Aviation, v.samoilenko@mstuca.aero.

Sergey V. Kuznetsov, Doctor of Engineering Sciences, Professor, The Head of Aircraft Electrical Systems and Avionics Technical Operation Chair, Moscow State Technical University of Civil Aviation, s.kuznetsov@mstuca.aero.

Anna M. Struchkova, Candidate of Technical Sciences, The Head of the Data Base Control Division of JSC “Yakutia Airlines”, Yakutsk, Associate Professor of the Chair of Information Technologies, M.K. Ammosov North-Eastern Federal University, stuchkova.am@yakutia.aero.

Поступила в редакцию 31.01.2022
Принята в печать 24.11.2022

Received 31.01.2022
Accepted for publication 24.11.2022