

pISSN 2073-2872
eISSN 2311-875X

Национальные интересы

ОПТИМИЗАЦИЯ ТРАНСПОРТНОЙ СИСТЕМЫ В ОТДАЛЕННЫХ, ТРУДНОДОСТУПНЫХ И МАЛОНАСЕЛЕННЫХ РЕГИОНАХ С УЧЕТОМ ТРЕБОВАНИЙ ЗАЩИТЫ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ И НАЦИОНАЛЬНЫХ ИНТЕРЕСОВ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ*

Сергей Федорович ЕГОШИН^{a,*},
Владислав Валерьевич КЛОЧКОВ^b

^a главный специалист,
Национальный исследовательский центр «Институт им. Н.Е. Жуковского»
(НИЦ «Институт имени Н.Е. Жуковского»),
Москва, Российская Федерация
sergey4791@yandex.ru
ORCID: отсутствует
SPIN-код: 8501-4186

^b доктор экономических наук, кандидат технических наук,
заместитель генерального директора Национального исследовательского центра
«Институт им. Н.Е. Жуковского» (НИЦ «Институт имени Н.Е. Жуковского»),
ведущий научный сотрудник Института проблем управления
им. В.А. Трапезникова РАН (ИПУ РАН),
Москва, Российская Федерация
vlad_klochkov@mail.ru
<https://orcid.org/0000-0003-4149-7562>
SPIN-код: 8923-3087

* Ответственный автор

История статьи:

Рег. № 144/2022
Получена 17.03.2022
Получена в
доработанном виде
25.04.2022
Одобрена 07.06.2022
Доступна онлайн
14.07.2022

УДК 332.145, 656.7.025

JEL: C15, C44, L93, L98,
O18, R11

Аннотация

Предмет. Совершенствование структуры транспортных перевозок с учетом местных природно-климатических условий.

Цели. Исследование оптимальной структуры единой транспортной системы отдаленных, труднодоступных и малонаселенных регионов России по критерию минимума суммарных выбросов парниковых газов с учетом ограничений минимальных транспортных стандартов качества перевозок.

Методология. Применены методы статистического, системного анализа, экономико-математического моделирования.

Результаты. Показано, что в малонаселенных регионах России организация местного авиасообщения дает меньшие суммарные выбросы углекислого газа по сравнению с организацией автотранспортного сообщения, в том числе при условии значительного роста подвижности населения. Полученные результаты справедливы как в части сокращения суммарной эмиссии парниковых газов, так и в части сокращения прочих выбросов вредных веществ и других антропогенных влияний, сопровождающих строительство и функционирование протяженной наземной путевой инфраструктуры.

Выводы. Ввиду предпочтительности воздушного транспорта

Ключевые слова: перед наземным, для защиты окружающей среды в транспортная малонаселенных регионах приоритетным становится доступность, местные сокращение удельной себестоимости авиаперевозок, а не перевозки, защита удельной эмиссии вредных веществ. Этот вывод усиливается окружающей среды, ввиду особой уязвимости уникальных экосистем Арктической выбросы углекислого зоны Российской Федерации, где наиболее актуальна проблема газа, национальные обеспечения транспортной связанности. интересы России

© Издательский дом ФИНАНСЫ и КРЕДИТ, 2022

Для цитирования: Егшин С.Ф., Ключков В.В. Оптимизация транспортной системы в отдаленных, труднодоступных и малонаселенных регионах с учетом требований защиты окружающей среды и национальных интересов Российской Федерации // Национальные интересы: приоритеты и безопасность. – 2022. – Т. 18, № 7. – С. 1216 – 1236.
<https://doi.org/10.24891/ni.18.7.1216>

Введение

Снижение антропогенного влияния на окружающую среду, безусловно, соответствует национальным интересам России. Применительно к авиационной деятельности данные интересы подразумевают комплексное снижение вредного воздействия авиации на окружающую среду: как в глобальном, планетарном масштабе, так и внутри страны через сбережение ее природы и охрану здоровья населения.

В то же время при планировании развития как национальной экономики в целом, так и новой авиационной техники и областей ее применения, необходимо совместить требования защиты окружающей среды с требованиями, например, социально-экономического характера¹ [1]. Последние особенно актуальны в части повышения доступности и качества жизни в отдаленных, труднодоступных и малонаселенных регионах России (ОТДМР) [2, 3], составляющих более 60% ее территории.

По мнению авторов, наиболее продуктивным и комплексным методологическим подходом в оценке, прогнозировании и планировании авиационной деятельности является анализ и синтез интегрированных авиационных систем (ИАС) [4]. Данная методология подразумевает, что

^{*} Работа выполнена при поддержке РФФИ, проект № 20-010-00589 «Разработка методологии и инструментария оценки эффективности вариантов государственной поддержки инновационных транспортных технологий в контексте новой климатической политики России».

¹ Ключков В.В. Стратегия технологического развития российского авиастроения: международные требования и национальные интересы. В кн.: Технологическое развитие авиастроения: глобальные тенденции и национальные интересы России 2021. Труды научно-практической конференции. М.: Институт имени Н.Е. Жуковского, 2021. С. 66–72.

показатели достижения генеральных целей развития авиации и авиастроения следует оценивать не в рамках изолированных авиационных систем различного назначения, а в рамках ИАС после глобальной оптимизации как параметров авиационных систем, так и параметров «ответной части» взаимодействующих отраслей по критериям:

- экономической эффективности и качества решения конечных целевых задач;
- комплексной безопасности;
- совокупного воздействия на окружающую среду авиации и взаимодействующих с ней отраслей.

Например, эмиссия вредных веществ должна оцениваться на транспорте в целом с учетом рационального применения авиации и наземного транспорта и в рамках всего жизненного цикла транспортных средств и соответствующей инфраструктуры. Строго говоря, в случае ИАС транспортного назначения «ответной частью» являются даже не другие виды транспорта, а именно пользователи транспортных услуг – население и различные отрасли экономики, которым транспортные технологии позволяют реализовать более эффективные системы расселения и пространственной организации производства, тем самым повышая качество жизни и эффективность производственных процессов.

Задачи управления развитием ИАС являются многокритериальными. При наличии многих критериев (экономических, экологических, показателей безопасности и т.д.) возникает вопрос о выборе либо ведущего, либо обобщающего критерия, то есть о свертке частных критериев. При этом даже если затрагиваются только аспекты защиты окружающей среды, воздействие на нее авиации (как и прочих отраслей) выражается в эмиссии многих видов вредных веществ, в шумовом, тепловом и других типах загрязнений. Под вредными веществами подразумеваются не только парниковые газы, среди которых углекислый газ является не единственным и во многих случаях не самым значимым [5]. Задачи минимизации объема различных загрязнений часто конфликтуют друг с другом, особенно по достижении высокого уровня технологического развития, когда возможности Парето-улучшения почти исчерпаны.

Однако показатели достижения целей в области защиты окружающей среды в принципе могут быть сведены к одному критерию – например,

к стоимостной форме² [6]. В настоящей работе рассматривается наиболее простой случай анализа и синтеза ИАС: оптимизация транспортной ИАС местного (пригородного) сообщения в ОТДМР по одному критерию – воздействию на окружающую среду в виде суммарной эмиссии углекислого газа.

Моделирование и исходные данные

Рассматривается задача выбора оптимального типа транспортного средства (ТС) для выполнения местных перевозок по критерию минимизации суммарной (годовой) эмиссии углекислого газа. Для простоты производится сравнение двух типов транспорта: автомобильного и авиационного, так как прочие типы применяются при организации местных перевозок в ОТДМР весьма незначительно.

Поскольку основная часть пассажиропотоков местных перевозок приходится на транспортные связи типа «столица региона (субъекта Российской Федерации) – удаленный населенный пункт», выбор оптимального транспортного средства в масштабах системы местных перевозок любого из ОТДМР может быть сведен к суммированию выборов по каждому направлению как независимому от остальных направлений.

Для каждой транспортной связи рассматривается т.н. углеродный след транспорта как суммарные выбросы CO₂ за единицу времени (то есть, период моделирования) вследствие организации и функционирования определенного типа транспорта. Так, углеродный след $C_{МВЛ}$ при организации местной воздушной линии (МВЛ) имеет вид:

$$C_{МВЛ} = \frac{C_{АЭ}}{T_{АЭ}} + c_{АЭ}^t + \frac{N_{ВС} C_{ВС}}{T_{АЭ}} + 365 N_{ВС} c_{ВС}^t(L) , \quad (1)$$

где $C_{АЭ}$ – углеродный след строительства удаленного аэропорта МВЛ; $T_{АЭ}$ – средний период эксплуатации удаленного аэропорта МВЛ до капитального ремонта; $c_{АЭ}^t$ – углеродный след годовой эксплуатации аэропорта МВЛ; $C_{ВС}$ – углеродный след производства одного воздушного судна (ВС), обслуживающего авиалинию; $N_{ВС}$ – количество воздушных судов, обслуживающих авиалинию; $c_{ВС}^t(L)$ – углеродный след парного рейса одного ВС, зависящий от ортодромической протяженности авиалинии L .

² Анисимов А.В., Анопоченко Т.Ю., Савон Д.Ю. Экологический менеджмент. М.: КноРус, 2017. 351 с.

Множитель «365» в последнем слагаемом формулы (1) соответствует ежедневной регулярности рейсов, что соответствует перспективной транспортной системе с высоким качеством обслуживания населения³. В дальнейшем для простоты анализа количество ВС трактуется как непрерывная величина и рассчитывается при условии, что одно ВС совершает в день один парный рейс:

$$N_{BC} = \gamma \frac{N_{\text{чел.}}}{365 n_{BC}}, \quad (2)$$

где γ – годовая подвижность населения ОТДМР; $N_{\text{чел.}}$ – количество проживающих в населенном пункте, обслуживаемом удаленным аэропортом МВЛ; n_{BC} – количество пассажиров, перевозимых воздушным судном за один рейс (задается равным 65% от пассажироместимости ВС с учетом среднестатистической заполняемости салона воздушного судна местной воздушной линии).

Аналогичным образом рассчитывается углеродный след C_{ABTO} при организации автотранспортной связи:

$$C_{ABTO} = \frac{C_D(L_D)}{T_D} + c_D^t(L_D) + \frac{N_{AB} C_{AB}}{T_D} + 365 N_{AB} c_{AB}^t(L_D), \quad (3)$$

где $C_D(L_D)$ – углеродный след строительства автомобильной дороги к удаленному населенному пункту, в первом приближении линейно зависящий от протяженности дороги (L_D); T_D – средний период эксплуатации автодороги до капитального ремонта; $c_D^t(L_D)$ – углеродный след годового содержания автодороги, также линейно зависящий от протяженности дороги); C_{AB} – углеродный след производства одного рейсового автобуса междугороднего сообщения; $N_{AB} = \gamma \frac{N_{\text{чел.}}}{365 n_{AB}}$ –

количество обслуживающих линию автобусов в зависимости от количества перевозимых пассажиров n_{AB} , также рассчитываемое при заполняемости салона 65% и, аналогично численности ВС, трактуемое как непрерывная величина; $c_{AB}^t(L_D)$ – углеродный след парного рейса одного автобуса, линейно зависящий от протяженности дороги.

³Дутов А.В., Клочков В.В., Рождественская С.М. Измерение и нормирование транспортной связанности и качества транспортного обслуживания страны и ее регионов. В кн.: Россия: тенденции и перспективы развития: сборник трудов конференции. М.: Институт научной информации по общественным наукам РАН, 2019. С. 43–48.
URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/izmerenie-i-normirovanie-transportnoy-svyazannosti-i-kachestva-transportnogo-obsluzhivaniya-strany-i-ee-regionov/viewer>

Предположим, что величины L и L_d соотносятся между собой как:

$$L_d = 1,2 L, \quad (4)$$

где коэффициент 1,2 – поправка, связанная с кривизной автодорог (оценена на основе собранной авторами статистики автотранспортных связей в ОТДМР).

Рассчитанные оценочные значения параметров, входящих в формулы (1) и (3), представлены в *табл. 1*, и получены при допущениях, которые рассмотрим далее.

Общие факторы. Для основных материалов, используемых при производстве или строительстве, с учетом требования их доставки в ОТДМР (в отличие от песка, добываемого по месту использования), уровень задаваемого углеродного следа представлен в *табл. 2*. Полученные значения согласуются с данными других источников⁴.

Углеродный след сжигаемого топлива, которое требуется для доставки строительных материалов в ОТДМР, производства работ и осуществления пассажирских перевозок (здесь и далее в расчетах – керосина или дизельного топлива), задается на уровне $\sim 3,8$ кг CO_2 /кг топлива за жизненный цикл с учетом рекомендаций, изложенных в документах⁵. Для электроэнергии значение аналогичного параметра принимается равным $\sim 0,1$ кг CO_2 /кВтч.

Аэропорт МВЛ. Поскольку количество пассажиров, обслуживаемых одним аэропортом МВЛ за год, невелико, вводится предположение, что для их перевозки достаточно задействования аэропорта III категории. Генеральный план и состав работ при строительстве такого аэропорта сформированы на основе отраслевых документов^{6, 7}.

Срок службы аэропорта до капитального ремонта $T_{\text{АЭ}}$ задавался равным 20 лет, определяющим фактором для которого является состояние покрытий

⁴ Amounts of CO_2 Released when Making & Using Products.
URL: <http://www.co2list.org/files/carbon.htm>

⁵ ICAO. Environment. URL: <https://www.icao.int/environmental-protection/CORSIA/Pages/SARPs-Annex-16-Volume-IV.aspx>

⁶ Руководство по проектированию аэропортов местных воздушных линий.
М.: Министерство гражданской авиации СССР, 1985. 189 с.
URL: <https://gosthelp.ru/text/RukovodstvoRukovodstvopop35.html?ysclid=l4ecfz4xfc203220334>

⁷ Авсеенко А.А., Кукава Н.П. Методические указания по определению величины и эффективности инвестиций в строительство аэропорта. М.: Московский автомобильно-дорожный государственный технический университет, 2011. 46 с.

аэродрома. При этом считалось, что искусственная взлетно-посадочная полоса (ВПП) и рулежные дорожки выполнены с применением плит аэродромных гладких ПАГ-14⁸, что дает небольшую погрешность по сравнению с тем, как если бы эти взлетно-посадочная полоса и дорожки были выполнены цементобетонными.

Поскольку для аэропортов МВЛ III категории рекомендуется блокировка зданий, общее количество блокируемых зданий задавалось равным двум: двухэтажный аэровокзал с контрольно-диспетчерским пунктом и одноэтажное здание аэродромных служб. Удельный выброс CO₂ при этом оценивался, как если бы эти здания были выполнены из железобетона.

Вклад в выбросы проектно-изыскательских и пуско-наладочных работ считался пренебрежимо малым. Строительство внутрипортовых дорог, инженерных сетей, сооружений и благоустройство или учитывались при расчете для соответствующих зданий (сооружений), или не учитывались. Также не учитывались строительство подъездной автодороги и котельной, так как полагалось, что эти объекты находятся в ведении местных властей, а потому построены заранее в целях жизнеобеспечения населенного пункта.

Строительство водосточно-дренажной системы в аэропортах МВЛ не предусматривалось, так как МВЛ охватывают преимущественно регионы с вечной мерзлотой. В таких местах водоотвод решается, как правило, путем организации поверхностного стока талых и ливневых вод, а глубинный дренаж в зонах вечной мерзлоты не применяется.

Автомобильная дорога. Поскольку значительная часть ОТДМР приходится на территории с вечной мерзлотой, ключевым фактором долговечности автомобильной дороги (как и в случае аэродромов) является сохранение необходимой толщины промерзшего грунта во избежание его деформаций. Исправление естественного рельефа в целях сохранения мерзлотного режима грунта моделировалось применением насыпи высотой 2 м без боковых резервов⁹.

В качестве дорожного покрытия рассматривалось капитальное цементобетонное с армированием как наиболее долговечное, к тому же имеющее срок службы до капитального ремонта, сопоставимый со сроком

⁸ Государственный стандарт Союза ССР 25912.1-91. Плиты железобетонные предварительно напряженные ПАГ-14 для аэродромных покрытий.

URL: <https://docs.cntd.ru/document/901708137?ysclid=l4eel8garg63528991>

⁹ Строительство автомобильных дорог / Под ред. В.В. Ушакова, В.М. Ольховикова. М: Кнорус, 2013. 576 с.

службы аэродрома (до 15–18 лет). Также считалось, что автомобильная дорога выполняется двухполосной с минимальной шириной полосы 3 м.

Производство транспортных средств. В качестве транспортных средств местных перевозок рассматривались: междугородный автобус ЛиАЗ-52562¹⁰, самолеты L-410UVP, «Рысачок» и М-101Т «Гжель». Расчет углеродного следа их производства выполнен на основе подхода, изложенного в работе В.В. Ключкова и А.И. Игнатъевой: суммарный углеродный след продукции есть сумма углеродных следов энергоносителей, использованных при производстве, с учетом всех отходов, коэффициента использования материалов (КИМ) и других факторов, поддающихся прямому учету¹¹.

При этом учитывалось, что в условиях современной экономики любому энергоносителю могут быть поставлены в соответствие затраты в единицах денежной стоимости. Цена продукции может быть представлена как сумма стоимости сырья, стоимости энергозатрат на обработку этого сырья и затрат на оплату труда персонала (последний не имеет углеродного следа). Тогда оценка углеродного следа продукции пропорционально соответствует денежным стоимостям сырья и энергозатрат на его обработку.

Ввиду отсутствия необходимой информации, приведенные оценки для транспортных средств были получены при упрощающих предположениях:

- фонд заработной платы в себестоимости продукции составляет 50% для автобусов и 66,7% для самолетов;
- автобусы изготовлены на 50% из стали (рама, двигатель, трансмиссия) и на 50% – из алюминия (кузов, детали интерьера и т.д.), самолеты – полностью из алюминиевых сплавов, за исключением двигателей из стали, а прочие материалы вносят малый вклад в общую массу транспортного средства;
- основные энергозатраты при преобразовании стали и алюминия в конечный продукт приходятся на электроэнергию (работа обрабатывающих станков и инструментов, обеспечение работы непосредственно авто- и авиастроительных предприятий);

¹⁰ ЛиАЗ-5256. URL: <https://tasklad.net/modeli/avtobusy/rossijskie/liaz/liaz-5256/>

¹¹ Ключков В.В., Игнатъева А.И. Эколого-экономические проблемы обновления мирового парка авиатехники // Экономика природопользования. 2009. № 2. С. 23–40.

– стоимость электроэнергии при производстве самолетов «Рысачок» и М-101Т задавалась для уровня 2005–2010 гг., когда эти самолеты выпускались, в отличие от остальных транспортных средств.

Эксплуатация транспортных средств. Учитывались только выбросы углекислого газа вследствие работы тепловых двигателей, остальные возможные составляющие (работа эксплуатирующих организаций, замена запасных частей и т.п.) не рассматривались: в первом приближении считалось, что для всех ТС они сопоставимы; следовательно, при сравнительном анализе ими можно пренебречь.

Эксплуатация автомобильных дорог. Учитывался только выброс углекислого газа вследствие работы тепловых двигателей механизированных средств, выполняющих очистку дорожного полотна от снега один раз в неделю в течение полугода. Остальные возможные составляющие (работа эксплуатирующих организаций и пр.) не рассматривались.

Эксплуатация аэропорта МВЛ. Аналогично углеродному следу производства ТС, при эксплуатации удаленных аэропортов МВЛ выделялись две основные составляющие затрат: оплата труда персонала аэропорта и затраты на энергообеспечение аэропорта. Если основным источником энергии для функционирования удаленного аэропорта МВЛ считать дизельное топливо, используемое, в частности, для генерации электроэнергии, то, с учетом доли топлива на уровне 60% при среднегодовых затратах на эксплуатацию аэропорта 50 млн руб. [7], это будет соответствовать годовому потреблению 600 т дизельного топлива.

Анализ результатов моделирования

Чтобы определить, при каком соотношении параметров организация местного авиасообщения будет менее привлекательной с точки зрения воздействия на окружающую среду, чем организация наземного транспорта, рассмотрим выполнение условия:

$$\Delta C = C_{\text{МВЛ}} - C_{\text{АВТО}} > 0. \quad (5)$$

Результаты построения поверхностей, соответствующих условию (5), в координатах {численность населения в населенном пункте $N_{\text{чел.}}$, ортодромическая удаленность населенного пункта L , разница в выбросах углекислого газа ΔC } представлены на рис. 1–3 для различных воздушных судов. Как можно видеть, суммарные выбросы CO_2 при

организации авиационного сообщения будут больше, чем при организации автобусного сообщения, в двух случаях:

- если авиалиния имеет протяженность в пределах 150 км;
- если удаленный аэропорт МВЛ обслуживает населенный пункт с численностью проживающего населения не менее 15 тыс. чел. (рис. 2).

Однако в первом случае можно утверждать, что необходимость организации подобных авиалиний практически отсутствует, так как наземные поездки на небольшую дальность привлекательнее для пассажиров и по времени, и по стоимости. Во втором же случае количество городов в ОТДМР с численностью населения более 15 тыс. чел. крайне невелико; основная часть населения проживает разрозненно в небольших населенных пунктах.

Таким образом, по результатам моделирования можно сделать вывод, что, с точки зрения минимизации воздействия на окружающую среду в ОТДМР, в существующих условиях почти повсеместно целесообразна организация МВЛ, а не создание развитых наземных автодорожных связей. В среднем разница в выбросах для каждой рассматриваемой транспортной связи между столицей региона и удаленным населенным пунктом ОТДМР составляет 2–4 тыс. т углекислого газа в год, что суммарно соответствует не менее 0,5 млн. т углекислого газа в год в масштабах России (если таких маршрутов в стране чуть более 100).

В данном контексте под существующими условиями, в частности, подразумевается годовая подвижность u населения ОТДМР, равная 1,5 полетов в год на чел. при протяженности авиалинии, превышающей 600 км, и линейно возрастающая от нуля при меньшей протяженности [8]. Фактически рассматриваемая ситуация (рис. 1–3) соответствует статическому состоянию транспортной системы, не учитывающему взаимосвязь между задаваемыми параметрами транспортной системы (среди которых – стоимость перевозки) и подвижностью населения как «ответной частью» ИАС, что, по сути, противоречит непосредственно методологии ИАС. Однако, поскольку изучение (введение) подобных зависимостей представляет собой весьма сложную задачу, выходом из ситуации может быть рассмотрение заведомо высоких показателей подвижности населения, ограничивающих искомое решение сверху, и тогда искомое решение будет соответствовать некоторым промежуточным значениям параметров.

Если подвижность населения ОТДМР в перспективе вырастет до 24 поездок в год на чел. (что уже соответствует кардинально иному образу и качеству жизни в ОТДМР, при котором поездки в региональные центры из отдаленных населенных пунктов станут столь же доступными, как поездки на метро в современных мегаполисах), то соответствующая разница выбросов вырастет следующим образом. По аналогии с предыдущими случаями (рис. 4, на примере самолета L-410), даже в наиболее благоприятных условиях перспективной транспортной системы, с точки зрения минимизации воздействия на окружающую среду в ОТДМР организация местной воздушной линии целесообразна для всех населенных пунктов, численность населения которых не превышает 4–5 тыс. чел. При эволюционном росте подвижности (при промежуточных значениях подвижности) данный вывод также будет справедлив.

Следует отметить, что выбор вида транспорта на каждом маршруте осуществлялся без учета уже имеющейся инфраструктуры, в том числе по причине ее слабого развития в ОТДМР, и без учета возможности объединения автодорог в единую магистраль. В то же время не рассматривались и возможности снижения затрат на авиационную инфраструктуру путем снижения требований к ней (грунтовая взлетно-посадочная полоса, посадочные площадки и т.д.). Таким образом, полученные качественные выводы достоверно отражают разницу во вкладе разных типов транспорта в общие выбросы парниковых газов.

Заключение

Организация местного авиасообщения в ОТДМР с требуемой интенсивностью, при малых пассажиро- и грузопотоках и больших расстояниях, с учетом строительства и содержания необходимой инфраструктуры сокращает совокупный объем эмиссии вредных веществ в транспортной системе по сравнению с организацией наземного транспортного сообщения, с необходимостью прокладки дорог в условиях сложного рельефа и почв, их очистки от осадков в холодном климате, в том числе при условии роста подвижности населения. При радикальном повышении подвижности населения ОТДМР, соответствующем значительному повышению качества жизни в этих регионах, авиационный транспорт останется предпочтительным для местных перевозок в ОТДМР, причем именно по критериям воздействия на окружающую среду.

С учетом системных эффектов в соответствующей транспортной системе, для достижения цели снижения вредного воздействия местного транспорта

в России на окружающую среду приоритетным становится именно сокращение удельной себестоимости авиаперевозок на местных воздушных линиях, а не сокращение удельной эмиссии для воздушных судов соответствующих классов.

При формулировании данного вывода в качестве показателя воздействия рассматривалась лишь эмиссия углекислого газа. Если же учесть также влияние протяженной путевой наземной инфраструктуры на уязвимые экосистемы, например, в районах Крайнего Севера, вывод о предпочтительности авиатранспорта по сравнению с наземным дополнительно усилится.

Таблица 1

Оценочные значения параметров углеродного следа

Table 1

Estimated values of carbon footprint parameters

Параметр	Единица измерения	Значение
<i>Строительство</i>		
Строительство удаленного аэропорта местных воздушных линий	т CO ₂	2 900
Строительство автомобильной дороги	т CO ₂ /км	1 000
<i>Производство транспортных средств</i>		
Производство автобуса ЛИАЗ-5256	т CO ₂	100
Производство самолета L-410UVP-E	т CO ₂	2 000
Производство самолета «Рысачок»	т CO ₂	1 300
Производство самолета М-101Т «Гжель»	т CO ₂	1 200
<i>Выбросы транспортных средств</i>		
Автобус ЛИАЗ-5256	кг CO ₂ /км	0,95
Самолеты L-410UVP-E, «Рысачок»	кг CO ₂ /км	3,8
Самолет М-101Т «Гжель»	кг CO ₂ /км	1,9
<i>Эксплуатация</i>		
Эксплуатация автомобильных дорог	кг CO ₂ /(км в год)	40
Эксплуатация аэропорта местных воздушных линий	т CO ₂ /год	2 300

Источник: авторская разработка

Source: Authoring

Таблица 2

Оценочные значения углеродного следа за жизненный цикл для основных строительных и конструкционных материалов

Table 2

Estimated values of carbon footprint over the life cycle for basic construction and structural materials

Материал	Углеродный след, кг CO ₂ /кг продукции
Щебень	0,002
Бетон	0,13
Цемент	0,85
Сталь	2,5
Алюминий	12

Источник: авторская разработка

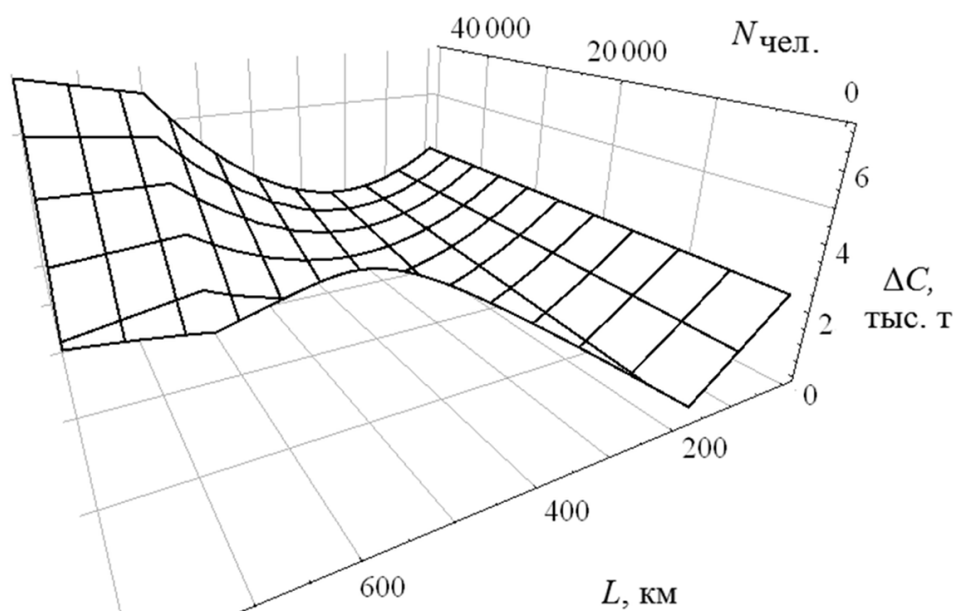
Source: Authoring

Рисунок 1

Разница затрат при организации местной перевозки с задействованием автобусов и самолета L-410UVP-E

Figure 1

The difference in costs in the organization of local transportation with the use of buses and L-410UVP-E aircraft



Источник: авторская разработка

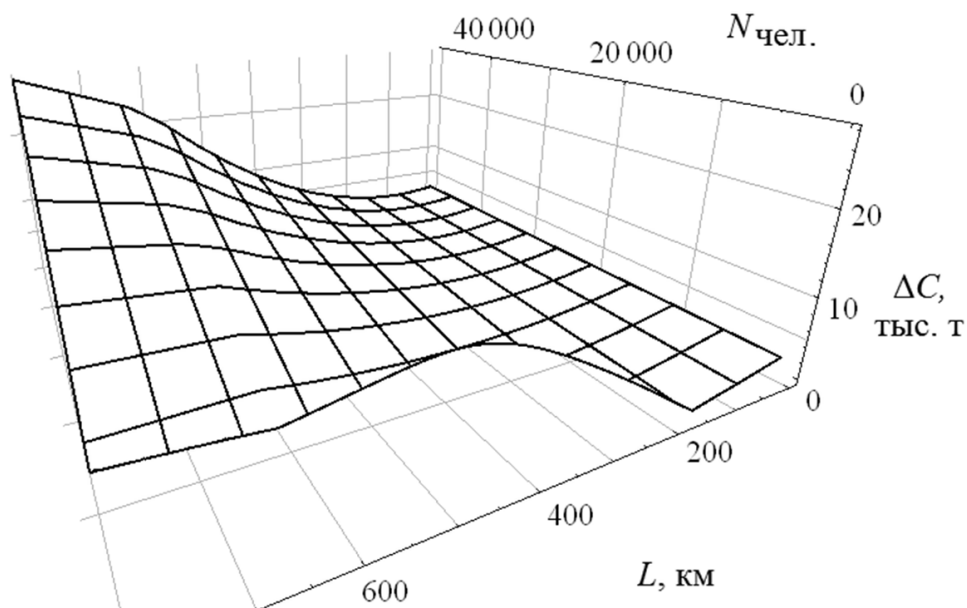
Source: Authoring

Рисунок 2

Разница затрат при организации местной перевозки с задействованием автобусов и самолета «Рысачок»

Figure 2

The difference in costs in the organization of local transportation with the use of buses and Rysachok aircraft



Источник: авторская разработка

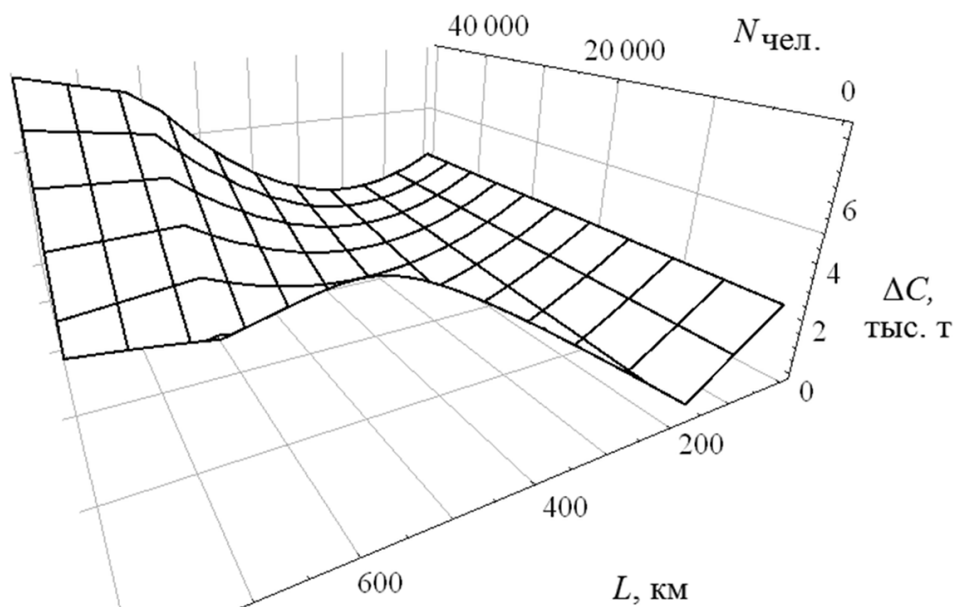
Source: Authoring

Рисунок 3

Разница затрат при организации местной перевозки с задействованием автобусов и самолета М-101Т «Гжель»

Figure 3

The difference in costs in the organization of local transportation with the use of buses and M-101T aircraft



Источник: авторская разработка

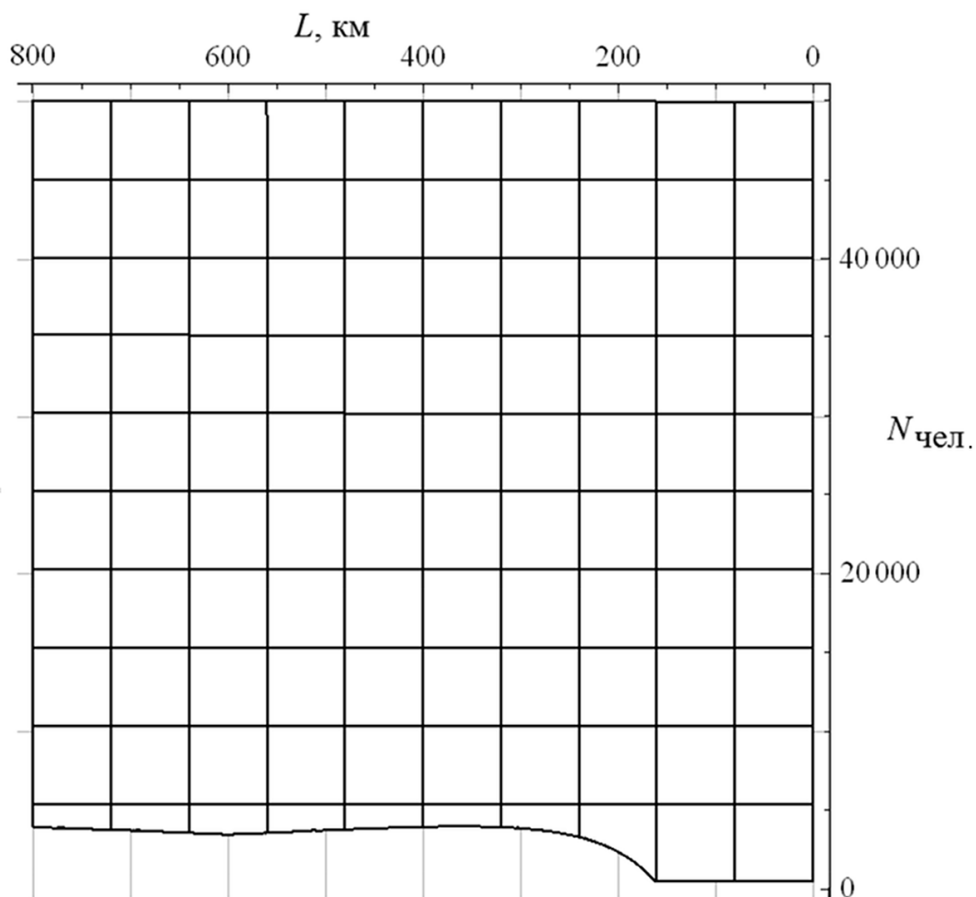
Source: Authoring

Рисунок 4

Разница затрат при организации местной перевозки с задействованием автобусов и самолета L-410UVP-E в перспективе (вид на поверхность сверху)

Figure 4

The difference in costs in the organization of local transportation with the use of buses and L-410UVP-E aircraft in the future (top view)



Источник: авторская разработка

Source: Authoring

Список литературы

1. *Campbell-Mohn C., Breen B., Futrell J.W.* Environmental Law: From Resources to Recovery. Eagan, West Publishing Company, 1993, 994 p.
2. *Паришуков Д.В., Колоскова Ю.И., Шапорова З.Е.* Оценка качества жизни и социально-экономической дифференциации на сельских территориях Красноярского края // Национальные интересы: приоритеты

- и безопасность. 2022. Т. 18. Вып. 2. С. 253–276.
URL: <https://doi.org/10.24891/ni.18.2.253>
3. *Мирзеханова З.Г.* Экологические аспекты современного развития дальневосточных регионов в формате модели «зеленой экономики» // Региональная экономика: теория и практика. 2018. Т. 16. Вып. 6. С. 1082–1096.
URL: <https://doi.org/10.24891/re.16.6.1082>
4. *Клочков В.В., Топоров Н.Б., Егошин С.Ф.* Интегрированные авиационные системы // Управление большими системами. 2021. Вып. 90. С. 94–120.
URL: <https://doi.org/10.25728/ubs.2021.90.5>
5. *Lee D.C., Fahey D.W., Skowron et al.* The Contribution of Global Aviation to Anthropogenic Climate Forcing for 2000 to 2018. *Atmospheric Environment*, 2021, vol. 244, no. 117834 .
URL: <https://doi.org/10.1016/j.atmosenv.2020.117834>
6. *Брутян М.М.* Экологический налог и его роль в инновационном развитии гражданской авиации // Экономический анализ: теория и практика. 2012. Т. 11. Вып. 10. С. 22–26.
URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/ekologicheskii-nalog-i-ego-rol-v-innovatsionnom-razvitii-grazhdanskoy-aviatsii/viewer>
7. *Фридлянд А.А., Чубуков А.П., Москаленко П.И.* Анализ создания и финансирования федеральных казенных предприятий аэропортовой деятельности в северных и удаленных регионах Российской Федерации // Научный вестник Московского государственного технического университета гражданской авиации. 2014. № 202. С. 80–84. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/analiz-sozdaniya-i-finansirovaniya-federalnyh-kazennyh-predpriyatiy-aeroportovoy-deyatelnosti-v-severnyh-i-udalennyh-regionah/viewer>
8. *Егошин С.Ф.* Влияние особенностей моделирования пассажирских потоков на выбор оптимального воздушного судна местных воздушных линий // Научный вестник Государственного научно-исследовательского института гражданской авиации. 2021. № 35. С. 68–79.
URL: <http://gosniiga.ru/wp-content/uploads/2021/07/Vestnik.pdf?ysclid=l4ee3brmzh174149832>

Информация о конфликте интересов

Мы, авторы данной статьи, со всей ответственностью заявляем о частичном и полном отсутствии фактического или потенциального конфликта интересов с какой бы то ни было третьей стороной, который может возникнуть вследствие публикации данной статьи. Настоящее заявление относится к проведению научной работы, сбору и обработке данных, написанию и подготовке статьи, принятию решения о публикации рукописи.

pISSN 2073-2872
eISSN 2311-875X

National Interests

TRANSPORT SYSTEM OPTIMIZATION IN REMOTE, HARD-TO-REACH AND SPARSELY POPULATED REGIONS, TAKING INTO ACCOUNT THE REQUIREMENTS OF ENVIRONMENTAL PROTECTION AND NATIONAL INTERESTS OF THE RUSSIAN FEDERATION

Sergei F. EGOSHIN^{a,*},
Vladislav V. KLOCHKOV^b

^a National Research Center Institute named after N.E. Zhukovsky,
Moscow, Russian Federation
sergey4791@yandex.ru
ORCID: not available

^b National Research Center Institute named after N.E. Zhukovsky,
Moscow, Russian Federation
vlad_klochkov@mail.ru
<https://orcid.org/0000-0003-4149-7562>

* Corresponding author

Article history:

Article No. 144/2022
Received 17 Mar 2022
Received in revised
form 25 April 2022
Accepted 7 June 2022
Available online
14 July 2022

JEL classification:

C15, C44, L93, L98,
O18, R11

Keywords: transport
accessibility, local
transportation,
environmental
protection, carbon
dioxide emissions,
national interests

Abstract

Subject. The article deals with improving the structure of transportation, considering local climatic conditions.

Objectives. The focus is on investigation of the optimal structure of integrated transport system of remote, hard-to-reach and underpopulated regions of the Russian Federation by the criterion of minimum total greenhouse gas emissions, given the limitations of minimum transport standards of transportation quality.

Methods. We apply methods of statistical, systems analysis, and economic and mathematical modeling.

Results. The paper shows that in sparsely populated regions of Russia, the organization of local air traffic gives lower total carbon dioxide emissions, as contrasted with the organization of road transportation, and specifically under significant increase in the mobility of the population. The findings are valid both in terms of reducing the total greenhouse gas emissions, and in terms of reducing other emissions of harmful substances and anthropogenic impact accompanying the construction and operation of extensive ground transport infrastructure.

Conclusions. Due to the preference of air transport over ground transport, the reduction of air carriage unit cost, rather than specific emissions of harmful substances, becomes a priority for environmental protection in underpopulated regions. This conclusion is reinforced due to particular vulnerability of unique ecosystems of the Arctic zone of the Russian Federation, where transport connectivity is the most immediate concern.

© Publishing house FINANCE and CREDIT, 2022

Please cite this article as: Egoshin S.F., Klochkov V.V. Transport System Optimization in Remote, Hard-to-Reach and Sparsely Populated Regions, Taking into Account the Requirements of Environmental Protection and National Interests of the Russian Federation. *National Interests: Priorities and Security*, 2022, vol. 18, iss. 7, pp. 1216–1236.
<https://doi.org/10.24891/ni.18.7.1216>

Acknowledgments

The study was supported by the Russian Foundation for Basic Research (RFBR), project № 20-010-00589, *Developing the Methodology and Tools to Assess the Effectiveness of Options for State Support to Innovative Transport Technologies in the Context of Russia's New Climate Policy*.

References

1. Campbell-Mohn C., Breen B., Futrell J.W. *Environmental Law: From Resources to Recovery*. Eagan, West Publishing Company, 1993, 994 p.
2. Parshukov D.V., Koloskova Yu.I., Shaporova Z.E. [Assessing the life quality and socio-economic differentiation in rural areas of the Krasnoyarsk Krai]. *Natsional'nye interesy: priority i bezopasnost' = National Interests: Priorities and Security*, 2022, vol. 18, iss. 2, pp. 253–276. (In Russ.)
URL: <https://doi.org/10.24891/ni.18.2.253>
3. Mirzekhanova Z.G. [Contemporary development of the Russian Far Eastern regions in the format of green economy model: Ecological aspects]. *Regional'naya ekonomika: teoriya i praktika = Regional Economics: Theory and Practice*, 2018, vol. 16, iss. 6, pp. 1082–1096. (In Russ.)
URL: <https://doi.org/10.24891/re.16.6.1082>
4. Klochkov V.V., Toporov N.B., Egoshin S.F. [Integrated aviation systems]. *Upravlenie bol'shimi sistemami*, 2021, iss. 90, pp. 94–120. (In Russ.)
URL: <https://doi.org/10.25728/ubs.2021.90.5>
5. Lee D.C., Fahey D.W., Skowron et al. The Contribution of Global Aviation to Anthropogenic Climate Forcing for 2000 to 2018. *Atmospheric Environment*, 2021, vol. 244, no. 117834.
URL: <https://doi.org/10.1016/j.atmosenv.2020.117834>
6. Brutyan M.M. [The ecological tax and its role in innovative development of civil aircraft]. *Ekonomicheskii analiz: teoriya i praktika = Economic Analysis: Theory and Practice*, 2012, vol. 11, iss. 10, pp. 22–26.

URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/ekologicheskii-nalog-i-ego-rol-v-innovatsionnom-razviti-grazhdanskoy-aviatsii/viewer> (In Russ.)

7. Fridlyand A.A., Chubukov A.P., Moskalenko P.I. [Analysis of the establishment and funding of federal State enterprises of airport activity in northern and distant regions of the Russian Federation]. *Nauchnyi vestnik Moskovskogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta grazhdanskoi aviatsii* = *Civil Aviation High Technologies*, 2014, no. 202, pp. 80–84.
URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/analiz-sozdaniya-i-finansirovaniya-federalnyh-kazennyh-predpriyatiy-aeroportovoy-deyatelnosti-v-severnyh-i-udalennyh-regionah/viewer> (In Russ.)
8. Egoshin S.F. [Influence of passenger flow modeling features on the choice of the optimal aircraft for local airlines]. *Nauchnyi vestnik Gosudarstvennogo nauchno-issledovatel'skogo instituta grazhdanskoi aviatsii* = *Scientific Bulletin of the State Scientific Research Institute of Civil Aviation*, 2021, no. 35, pp. 68–79.
URL: <http://gosniiga.ru/wp-content/uploads/2021/07/Vestnik.pdf?ysclid=l4ee3brmzh174149832> (In Russ.)

Conflict-of-interest notification

We, the authors of this article, bindingly and explicitly declare of the partial and total lack of actual or potential conflict of interest with any other third party whatsoever, which may arise as a result of the publication of this article. This statement relates to the study, data collection and interpretation, writing and preparation of the article, and the decision to submit the manuscript for publication.