



Модель связанности территорий авиационным транспортом



Вячеслав КРАЕВ
Vyacheslav M. KRAEV

Светлана ЛЯПИНА
Svetlana Yu. LYAPINA



Марина ФЕДОТОВА
Marina A. FEDOTOVA

Краев Вячеслав Михайлович – доктор технических наук, профессор, Московского авиационного института (национального исследовательского университета), Москва, Россия.

Ляпина Светлана Юрьевна – доктор экономических наук, профессор Российского университета транспорта (МИИТ), Москва, Россия.

Федотова Марина Александровна – кандидат экономических наук, доцент МАИ(НИУ), Москва, Россия.

Model of Connectivity of Territories by Air Transport

(Текст статьи на англ. яз. – English text of the article – p. 187)

Обеспечение транспортной связанности территорий играет системообразующую роль в освоении новых областей, а также в поддержании безопасности и роста экономики. С этой точки зрения, нахождение способов оптимального и сбалансированного развития того или иного вида транспорта для сопряжения интересов регионов уже на этапе предварительного рассмотрения проектных заданий является необходимым. Предложена модель целесообразности применения авиационного транспорта при решении проблем связанности территорий. Модель пригодна и для оценки роли других видов транспорта.

Ключевые слова: доступность территорий, транспортная сеть, авиационный транспорт, модель связанности территорий.

Проблема связанности территорий для России стоит как нельзя остро, ведь площадь нашей страны составляет более 17 миллионов квадратных километров. Очевидно, что для освоения территорий такого масштаба, их преобразования и жизнеобеспечения требуется формирование надёжной и всеобъемлющей транспортной инфраструктуры.

Создание и обеспечение транспортной связанности территорий РФ, несомненно, процесс длительный и трудоёмкий, он нуждается в тщательной проработке всей имеющейся информации, включая текущее состояние транспортной системы в России, межконтинентальные связи, наиболее востребованные маршруты, перспективы роста и развития регионов и отраслей хозяйства, социально-экономическое, демографическое и географическое положение республик, краёв и областей, тенденции на мировом рынке и многое другое.

За рубежом, в Европе в частности, работа в этом направлении ведётся уже не

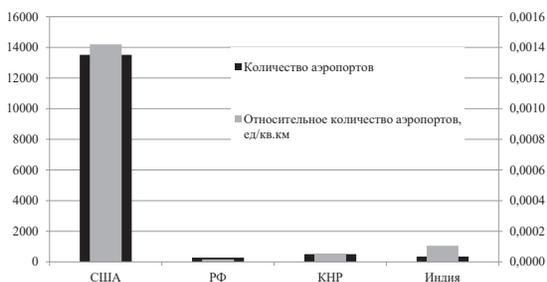


Рис. 1. Количество аэропортов в РФ, США, КНР и Индии.

один десяток лет, что привело не только к принятию стратегических решений [1], но и к их практической реализации [2].

Авиационный транспорт хотя и является самым дорогостоящим для конечного потребителя, но полностью выполняет определённые требования к перевозкам: самолёты имеют наивысшие показатели по скорости и безопасности оказываемых услуг. А также не требуют больших инфраструктурных затрат, кроме как на строительство аэродромов, зданий и сооружений в пунктах вылета и прилёта, систем управления воздушным движением.

I.

Принятие предварительного решения о выборе того или иного вида транспорта для связи регионов РФ зависит от множества факторов.

Согласно рейтингу глобальной конкурентоспособности за 2013–2014 годы (The Global Competitiveness Report) [1], по качеству транспортной инфраструктуры Россия находится на 93-м месте из 142 стран, включённых в данное исследование. В отчёте за 2017–2018 годы Россия занимает уже 38 место. В том числе по качеству инфраструктуры авиатранспорта она на 59 месте, в то время как раньше была на 102. Но несмотря на неплохую динамику, страна продолжает иметь транспортную инфраструктуру, не соответствующую своим масштабам.

Сравнение основных инфраструктурных транспортных показателей [2, 3] авиационных перевозок РФ с США, КНР и Индией (рис. 1) показывает наше сильное отставание как по абсолютному, так и относительному количеству аэропортов. Россия располагает даже меньшим количеством аэропортов, чем Индия, имея при

этом многократное преобладание в площади территории. На первом месте по выбранному критерию оказываются США, у которых относительное и абсолютное количество аэропортов на два порядка превышает российские параметры.

В КНР рост доходов населения и корпораций подстёгивает спрос на транспортные перевозки, а гражданская авиация стала самой динамично развивающейся отраслью: начиная с 2005 года за десять лет объём перевезённых грузов увеличился в 3,5 раза, а грузооборот — в четыре. При этом авиационный парк с 2010 по 2015 год возрос с 2607 до 4511 самолётов.

По сравнению с КНР и США грузооборот нашей страны существенно отстаёт. С 2005 года за десять лет он увеличился всего на 10% [4]. Правда, примерно такой же характер «стабильности» грузооборота и в США, только там абсолютные значения показателей почти в два раза выше (7800–8300 млрд т • км). В свою очередь впечатляет динамика грузооборота КНР. С 2005 по 2010 год он практически удвоился, причём в 2005 году был равен грузообороту США, а с 2010 по 2014 год вырос ещё на 30%, превысив уровень 2004 года более чем в два раза.

Можно предположить, что в Китае достаточно эффективно используется географический и климатический потенциал, когда разные виды транспорта не составляют жёсткую конкуренцию, а гармонично дополняют друг друга. Вероятно, причины роста грузооборота в стране связаны и с гигантским скачком в инфраструктурных транспортных процессах. Так, в 2009 году были введены в строй самые совершенные на сегодня скоростные железнодорожные линии Ухань–Гуанчжоу и Чжэнчжоу–Сиань. Рост автодорожной сети с 2004 по 2010 год составил 100%. К концу 2006 года



в стране имелось 12 морских портов с грузооборотом в 100 млн тонн, через год их насчитывалось 14, к концу 2008-го – 16. В 2017 году в Китае прибавилось ещё четыре порта-«стомиллионника».

Принимая во внимание тот факт, что в сфере транспортной связанности территорий Российская Федерация в мире занимает далеко не лидирующие позиции, правительством была принята к реализации Транспортная стратегия развития страны на период до 2030 года [5]. Стратегия направлена на формирование единого транспортного пространства России на базе сбалансированного опережающего развития транспортной инфраструктуры, обеспечение доступности и качества транспортных услуг для населения в соответствии с социальными стандартами, доступности и качества транспортно-логистических услуг в области грузовых перевозок, реализацию транзитного потенциала и повышение уровня безопасности транспортной системы [6].

Оптимизация транспортной сети будет связана с созданием экономически обоснованных резервов пропускной способности существующих и строящихся линий, скоростных и высокоскоростных систем для перевозок пассажиров и грузов, особенно в районах приоритетного хозяйственного освоения, на удалённых и малодоступных территориях.

II.

Основной системной задачей транспортной стратегии многие ведущие специалисты считают построение транспортно-экономического баланса регионов Российской Федерации, приоритетов развития транспортной инфраструктуры [7].

Неоспоримо, что каждый вид транспорта на сегодняшний день имеет как свои специфические проблемы, так и общие, затрагивающие все виды сразу. Например, для воздушного транспорта одной из специфических проблем является сокращение числа аэропортов и аэродромов в 2,5 раза, которое повлекло за собой закрытие множества авиалиний [8]. Общими же проблемами для всех видов транспорта стали низкий по сравнению с западным уровнем технической производственной базы, слабость инфраструктуры, недоступ-

ность транспортных услуг в удалённых регионах.

Самыми отстающими в инфраструктурном отношении регионами в нашей стране являются северные и аграрные. Это связано с тем, что лишь железнодорожные грузоперевозки остаются единственными стабильными и устойчивыми по частоте сообщения в течение всего года [9]. В то время как, например, автомобильные перевозки существенно зависят от климатических условий, когда плохое состояние дорог приводит к росту эксплуатационных затрат техники и росту тарифов, а в ряд удалённых регионов из-за бездорожья в осенний и весенний периоды к населённым пунктам можно добраться исключительно с помощью воздушного или водного транспорта.

Примером подобной ситуации может служить Республика Саха. Ежегодно сюда осуществляется так называемый северный завоз, однако из-за обмеления рек неоднократно бывали случаи, когда сухогрузы по несколько месяцев простаивали на одном месте, ожидая подъёма уровня воды. После обмеления и срыва навигации в 2013 году более половины объёма грузов стали завозить автомобильным транспортом. В зимнее время фуры ездят по руслам замёрзших рек, а дороги пробиваются в снегу между посёлками. Протяжённость их может составлять от десятков до полутора тысяч километров. Однако не стоит забывать, что автомобили и сами сильно уязвимы. В сезон 2016–2017 аномальные снегопады и тёплая погода не позволили вовремя открыть автозимники в колымской группе улусов, и до некоторых сёл грузы дошли только в апреле. В 2017 году в Якутии на наземные перевозки приходилось около 60 % обязательных поставок грузов, или более 7 тысяч тонн. Примерно третья часть (около 4 тысяч тонн) доставлялась речными судами и только 219–220 тонн грузовыми самолётами [9].

При наличии инфраструктурных диспропорций особое значение приобретает оценка транспортного потенциала прежде всего с точки зрения устойчивости и долгосрочности социально-экономических перспектив территорий интенсивного индустриального роста.

Поскольку основная задача в исследовании состоит в определении оптималь-

ного и сбалансированного развития того или иного вида транспорта ради обеспечения связанности территорий, то для достижения поставленных целей предлагается сформировать рейтинговую методику, с помощью которой для каждого вида транспорта в зависимости от его особенностей, пропускной способности, затрат на создание и содержание инфраструктуры, типа территории, её протяжённости и т.д. (полный набор критериев включает существенно большее их число) выводился бы определённый показатель готовности (расположенности) региона и его населения к решению задачи.

III.

Создаваемая модель состоит из трёх основных элементов: переменного (территориального) модуля, постоянного (функционального) модуля и модуля расстояния. Каждый из них имеет набор критериев, по которым даётся оценка анализируемым видам транспорта. Модель базируется на экспертной оценке: группа компетентных лиц проводит процедуру рейтингования по входящим переменным. Для повышения точности результатов рекомендуется увеличение числа экспертов. К достоинствам модели стоит отнести её простоту и нетребовательность к вычислительным мощностям.

Принцип модели заключается в формировании агрегированного рейтинга связанности (РС) двух элементов, роль которых выполняют отдельные регионы РФ. В дополнение целесообразно формировать рейтинг потенциальных возможностей для этих элементов с указанием необходимых технологий, доступных или подлежащих разработке. Вид зависимости рейтинга связанности по конкретному типу транспорта:

$$PC = \sum PC_i + PM_i, \quad (1)$$

где i – набор элементов-регионов в транспортной цепи; PC_i – рейтинг связанности одного региона; PM – данные, полученные в результате формирования модуля расстояния.

Рейтинг связанности является величиной, зависящей от многих переменных. Для формализации модели эти переменные были сгруппированы как территориальный и функциональный модули. Каждый из них

включает в себя соответствующие переменные.

Территориальный модуль не зря получил статус переменного, поскольку предложенная методика применяется для массива данных субъектов РФ, каждый из которых обладает уникальным набором характеристик. В число характеристик входят природно-климатические и географические показатели.

Итоговый рейтинговый балл функционального модуля представляет собой фиксированную величину, которая не зависит от природно-географических особенностей региона, но может меняться лишь с течением времени при изменении экономической, политической, научной и иной ситуации в стране и мире.

Очевидно, что влияние переменных, даже принадлежащих к одному модулю, должно быть различным. Есть переменные, которые имеют существенное влияние, а есть такие, изменение которых не должно оказывать влияния на модель. Исходя из этого, было принято решение присвоить каждому критерию степень их значимости (вес критерия). К группе чрезвычайно важных критериев отнесены такие, как время, надёжность и быстрота доставки грузов, а также обеспечение их сохранности, доступность того или иного вида транспорта для населения, затраты на создание и эксплуатацию собственного парка транспортных средств (аренду, лизинг подвижного состава). На значения этих показателей, по мнению экспертов, потребители услуг обращают внимание в первую очередь при выборе того или иного способа доставки.

Поскольку перечисленные критерии являются лишь частью общей системы критериев, то и значимость их в общей модели оценена по единому правилу. Принято решение присваивать каждому из них степень значимости по пятибалльной шкале, где 1 балл – «наименее важно», а 5 – «чрезвычайно важно». Выставлять баллы – обязанность экспертов. После того как сформированы рейтинговые баллы по территориальному и функциональному модулю, следует определить общий коэффициент-рейтинг региона. Он призван показывать привлекательность того или иного субъекта федерации для использо-





Рис. 2. Примеры неэффективных направлений грузоперевозок воздушным транспортом.

вания в нём каждого из рассматриваемых видов транспорта.

Результатом расчёта будет многомерный массив рейтингов для обеспечения связанности двух географических точек РФ (регионов) по критериям, например, объёмов перевозок пассажиров или грузов различными видами транспорта. Заявленная методика позволяет выбрать экономически оптимальный подход для улучшения связанности, а следовательно, и доступности территорий. При наличии информации о перспективах развития транспортной связанности можно более полно и точно провести прогнозирование способов её обеспечения, инвестирования сопутствующих программ с учётом ожидаемых социальных и экономических эффектов.

IV.

Для перевозки грузов наиболее предпочтительным видом транспорта является дирижабль. На это указывают как территориальный, так и функциональный модули. Лидерство столь явного тихохода связано в первую очередь с тем, что он, несмотря на большую по сравнению с самолётом зависимость от погодных условий, требует меньших затрат на создание и поддержание необходимой для его эксплуатации инфраструктуры, имея при этом схожие характеристики по безопасности транспортировки груза, надёжности, сохранности и т.д.

Считается, что самолёт эффективен как средство передвижения в тех случаях, когда расстояние между пунктом отправления и пунктом прибытия превышает 500 км. Безусловно, имеются регулярные рейсы и на меньшие расстояния, но зачастую это обу-

словлено лишь отсутствием возможности использовать какой-либо другой вид транспорта. На рис. 2 представлены примеры таких непривлекательных направлений перевозок. Отметим также, что хотя Воронежская и Пензенская области находятся в разных федеральных округах и потому очевидные объекты модельных расчётов, расстояние между ними слишком мало, чтобы взаимобразная доставка грузов воздушным транспортом для них стала эффективной.

Исключением в суждениях о нецелесообразности использования воздушного транспорта как средства транспортировки грузов в рамках одного федерального округа являются Уральский, Сибирский и Дальневосточный федеральные округа. Это объясняется тем, что расстояния между субъектами, входящими в состав одного федерального округа, как и расстояния между граничащими субъектами разных округов достаточно велики. Помимо прочего, именно эти федеральные округа обладают такими сложными природно-климатическими условиями, которые, не будучи комфортными и для воздушного транспорта, делают их совсем неэффективными для любого другого вида грузоперевозок.

На рис. 3 даны примеры наиболее эффективных направлений грузоперевозок при использовании воздушного транспорта.

Как и предполагалось, в первую очередь регионами, где наиболее выгодно применение авиационного транспорта, являются все северные субъекты Российской Федерации, находящиеся за полярным кругом и в условиях вечной мерзлоты: Республика

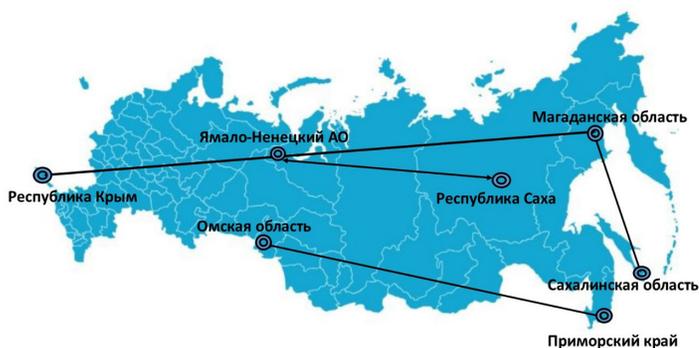


Рис. 3. Примеры эффективных направлений грузоперевозок воздушным транспортом.



Рис. 4. Наиболее эффективные маршруты пассажирских перевозок вертолётным транспортом.

Саха, Магаданская область, Чукотский и Ямало-Ненецкий автономные округа. Авиация оптимальна с точки зрения обеспечения связанности с другими территориями страны и для Калининградской области.

Что касается пассажирских перевозок, то менее привлекательными регионами для вертолётных перевозок стали те же регионы, что и для самолётного транспорта: Архангельская область, Республика Карелия, Камчатский край. Основная причина – климатические особенности регионов. Тем не менее разработанная модель позволяет выбрать относительно оптимальное решение даже в таких условиях. Вертолётный вид воздушного транспорта имеет всё равно рейтинг применения в названных регионах лучше, чем у самолётного. Основ-

ное преимущество вертолётов – нетребовательность к уровню инфраструктуры пунктов вылета и прилёта. Однако выгоднее этот вид транспорта использовать на небольшие расстояния между соседними субъектами. Такие перевозки будут менее затратны и для пассажиров, и для авиакомпаний.

При анализе вертолётных пассажирских перевозок было выявлено несколько наиболее привлекательных маршрутов. Среди них (рис. 4): Магаданская область – Камчатский край, Курская область – Волгоградская область, Новосибирская область – Кемеровская область, Воронежская область – Пензенская область. Среднее расстояние этих маршрутов 600–800 км.

Что касается пассажирских самолётных маршрутов, то самолёт «рассчитан» на бо-



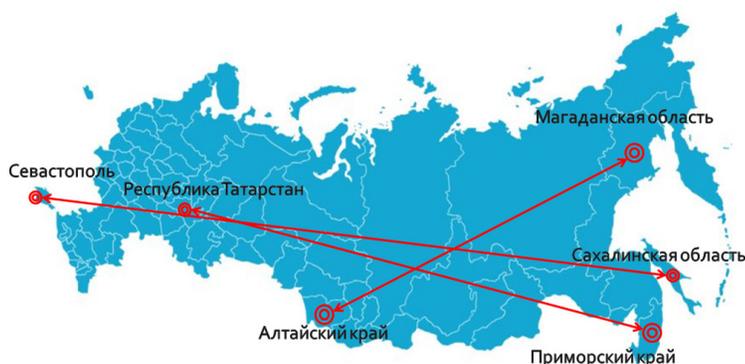


Рис. 5. Наиболее эффективные маршруты пассажирских перевозок самолётным транспортом.

лее длинные расстояния, причём с ростом протяжённости полёта растёт и его эффективность. В среднем длина таких маршрутов от 1000 до 7000 км. Среди наиболее привлекательных линий для пассажирских перевозок (рис. 5): Севастополь – Сахалинская область, Республика Татарстан – Приморский край, Алтайский край – Магаданская область.

ВЫВОДЫ

На сегодняшний день одной из главных задач, поставленных государством, является формирование единого транспортного пространства нашей страны и обеспечение связанности её регионов, в том числе и с помощью авиационного транспорта. Форсированное развитие авиационной отрасли требует большого количества подготовительных мероприятий и расчётов. Проведённая исследовательская работа представляет собой начальный этап создания модели связанности территорий. Целесообразность применения того или иного вида транспорта зависит от множества факторов, и каждый из них нуждается в объективной и научно обоснованной оценке, квалифицированной трактовке и системном видении.

ЛИТЕРАТУРА

1. Индекс глобальной конкурентоспособности // Гуманитарная энциклопедия. Центр гуманитарных технологий. 2006–2017 (последняя редакция:

21.06.2018) [Электронный ресурс]: <http://gtmarket.ru/ratings/global-competitiveness-index/info>. Доступ 24.09.2018.

2. Список стран по количеству аэропортов // Википедия: Свободная энциклопедия [Электронный ресурс]: https://ru.wikipedia.org/wiki/Список_стран_по_количеству_аэропортов. Доступ 24.09.2018.

3. Список стран мира по площади. Площадь каждой страны мира / World-globe.ru [Электронный ресурс]: <http://www.world-globe.ru/countries/area/>. Доступ 24.09.2018

4. Грузооборот стран ведущих экономик мира / Федеральная служба государственной статистики [Электронный ресурс]: http://www.gks.ru/bgd/regl/B16_5563/Main.htm. Доступ 24.09.2018.

5. Транспортная стратегия РФ на период до 2030 года / Федеральное дорожное агентство: Росавтодор [Электронный ресурс]: <http://rosavtdor.ru/docs/transportnaya-strategiya-rf-na-period-do-2030-goda>. Доступ 24.09.2018.

6. Каменева Н. А. Основные направления экономического развития транспортной инфраструктуры России // Universum: Экономика и юриспруденция: электронный научный журнал. 2014. № 3 [Электронный ресурс]: <http://7universum.com/ru/economy/archive/item/1058>. Доступ 24.09.2018.

7. Мишарин А. С., Евсеев О. В. Актуализация Транспортной стратегии Российской Федерации на период до 2030 года // Государство и транспорт. – 2013. – № 2. – С. 4–13.

8. Изменение количества аэропортов на территории РФ / Федеральное агентство воздушного транспорта [Электронный ресурс]: <http://www.favt.ru/>. Доступ 24.09.2018.

9. Яковлев А. Безальтернативный и нужный. Зачем и как проходит северный завоз в Якутии / Информационно-аналитическое агентство «Восток России» [Электронный ресурс]: <https://www.eastrussia.ru/material/bezal'ternativnyy-i-nuzhnyy/>. Доступ 24.09.2018.

10. Показатели эффективности логистики / Морские вести России [Электронный ресурс]: <http://morvesti.ru/search>. Доступ 24.09.2018. ●

Координаты авторов: Краев В. М. – kraevvm@mail.ru, Ляпина С. Ю. – sylyapina@hse.ru, Федотова М. А. – fedotova-ma@yandex.ru.

Статья поступила в редакцию 16.08.2018, принята к публикации 24.09.2018.

MODEL OF CONNECTIVITY OF TERRITORIES BY AIR TRANSPORT

Kraev, Vyacheslav M., Moscow Aviation Institute (National Research University), Moscow, Russia.
Lyapina, Svetlana Yu., Russian University of Transport, Moscow, Russia.
Fedotova, Marina A., Moscow Aviation Institute (National Research University), Moscow, Russia.

ABSTRACT

Ensuring the transport connectivity of territories plays a system-forming role in development of new areas, as well as in maintaining security and economic growth. From this point of view, finding ways for optimal and balanced development of a particular mode of transport to combine the interests of the regions already

at the stage of preliminary consideration of project tasks is necessary. A model of expediency of the use of air transport in solving problems of connectivity of territories is proposed. The authors apply it to examples of connectivity between different regions and to different aircrafts. The model is also suitable for assessing the role of other modes of transport.

Keywords: accessibility of territories, transport network, air transport, model of connectivity of territories.

Background. The problem of connectivity of territories for Russia is as acute as it is, because the area of our country is more than 17 million square kilometers. It is obvious that the development of territories of such scale, their transformation and life support require formation of a reliable and comprehensive transport infrastructure.

Creating and ensuring the transport connectivity of the territories of the Russian Federation is undoubtedly a long and laborious process, it needs careful study of all available information, including the current state of the transport system in Russia, intercontinental communications, the most popular routes, prospects for growth and development of regions and economic sectors, economic, demographic and geographical position of the republics, territories and regions, trends in the global market and much more.

Abroad, in Europe in particular, work in this direction has been going on for more than a dozen years, which has resulted not only in strategic decisions [1], but also in practical implementation [2].

Aviation transport, although it is the most expensive for an end user, but fully complies with certain transport requirements: airplanes have the highest rates of speed and safety of the services provided. And also they do not require large infrastructure costs, except for construction of airfields, buildings and structures at the points of departure and arrival, air traffic control systems.

Objective. The objective of the authors is to consider a model of connectivity of territories by air transport.

Methods. The authors use general scientific methods, comparative analysis, evaluation approach, graph construction method.

Results.

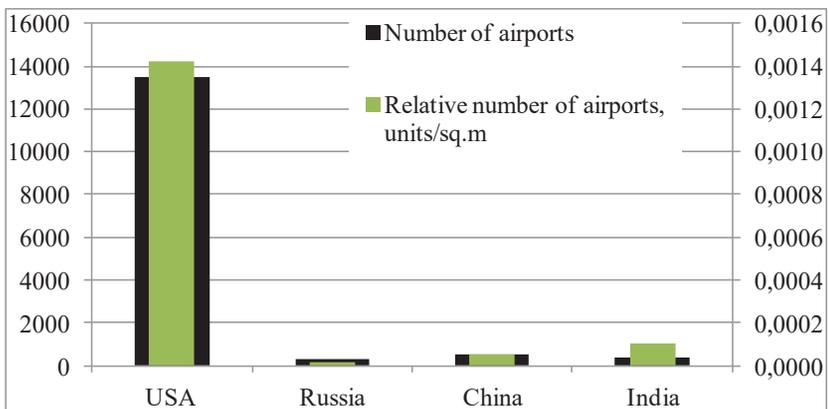
I.

Making a preliminary decision on the choice of a particular type of transport for communication between the regions of the Russian Federation depends on many factors.

According to The Global Competitiveness Report for 2013–2014 [1], in terms of the quality of transport infrastructure, Russia ranks 93 out of 142 countries included in this study. In the report for 2017–2018, Russia is already in 38 place. Including the quality of air transport infrastructure, it ranks 59th, while it used to be in 102 place. But despite good dynamics, the country continues to have transport infrastructure that does not correspond to its scale.

Comparison of the main infrastructure transport indicators [2, 3] of air transportation of the Russian Federation with the United States, China and India (Pic. 1) shows our strong backlog in both absolute and relative numbers of airports. Russia has even fewer airports than India, while having multiple dominance in territory. In the first place by the chosen criterion are the United States, in which the relative and absolute number of airports exceeds the Russian parameters by two orders of magnitude.

In China, the growth of incomes of population and corporations spurs demand for transportation, and civil aviation has become the fastest growing industry: since 2005, over ten years, the volume of transported goods has increased by 3,5 times, and the freight



Pic. 1. Number of airports in Russia, USA, China and India.



turnover has increased by 4 times. At the same time, the fleet from 2010 to 2015 increased from 2607 to 4511 aircrafts.

Compared to China and the United States, the turnover of goods in our country lags significantly behind. Since 2005, over ten years, it has increased by only 10% [4]. The nature of «stability» of freight turnover in the USA is basically the same, but only there the absolute values of the indicators are almost twice as high (7800–8300 billion t.km). In turn, the dynamics of China's cargo turnover are impressive. From 2005 to 2010, it almost doubled, and in 2005 it was equal to the US cargo turnover, and from 2010 to 2014 it grew by another 30%, exceeding the level of 2004 more than doubled.

It can be assumed that in China, geographic and climatic potential is used quite effectively, when different types of transport do not constitute tough competition, but harmoniously complement each other. Probably, the reasons for increase in freight turnover in the country are also associated with a giant leap in infrastructure transport processes. So, in 2009, the most advanced as of today high-speed railway lines Wuhan–Guangzhou and Zhengzhou–Xian were commissioned. The growth of the road network from 2004 to 2010 was 100%. By the end of 2006, the country had 12 seaports with a cargo turnover of 100 million tons, a year later there were 14 of them, and by the end of 2008, they were 16. In 2017, there were four more «hundred million» ports in China.

Taking into account the fact that in the sphere of transport connectivity of the territories, the Russian Federation is far from the leading positions in the world, the government has adopted the Transport Development Strategy for the country until 2030 [5]. The strategy is aimed at creating a unified transport space of Russia based on a balanced accelerated development of transport infrastructure, ensuring availability and quality of transport services for population in accordance with social standards, accessibility and quality of transport and logistics services in the field of freight traffic, realization of transit potential and improving transport safety systems [6].

Optimization of the transport network will be associated with creation of economically reasonable reserves of capacity of existing and under construction lines, speed and high-speed systems for transportation of passengers and goods, especially in areas of priority economic development, remote and inaccessible regions.

II.

The main systemic task of the transport strategy according to many leading experts is construction of the transport and economic balance of the regions of the Russian Federation, priorities of transport infrastructure development [7].

It is indisputable that each type of transport today has its own specific problems, as well as common, affecting all types at once. For example, for air transport, one of the specific problems is to reduce the number of airports and airfields by 2,5 times, which resulted in the closure of many airlines [8]. The common problems for all types of transport have become low compared with the western level of technical production base, weak infrastructure, inaccessibility of transport services in remote regions.

The most lagging infrastructural regions in our country are the northern and agrarian ones. This is due to the fact that only rail freight transportation remains the only stable in terms of frequency of

communication throughout the year [9]. While, for example, road transportation significantly depends on climatic conditions, when poor road conditions lead to an increase in operating costs of equipment and tariffs, and in remote regions due to off-road during the autumn and spring periods, settlements can only be reached using air or water transport.

An example of such a situation is the Republic of Sakha. Every year, the so-called northern delivery is carried out here, however, due to shallowing of rivers, there have been several occasions when the dry-cargo ships were idle for several months in one place, waiting for the water level to rise. After shallowing and disruption of navigation in 2013, more than half of the volume of cargo began to be delivered by road. In winter, trucks drive along the channels of frozen rivers, and roads make their way through the snow between the villages. Their length can be from tens to one and a half thousand kilometers. But do not forget that the cars themselves are very vulnerable. In the 2016–2017 season, anomalous snowfalls and warm weather prevented the opening of the winter roads in the Kolyma group of uluses on time, and cargoes reached some villages only in April. In 2017, in Yakutia, land transportation accounted for about 60% of mandatory cargo deliveries, or more than 7 thousand tons. About a third (about 4 thousand tons) was delivered by river vessels and only 219–220 tons by cargo aircraft [9].

In the presence of infrastructural imbalances, assessment of the transport potential, especially from the point of view of sustainability and long-term socio-economic prospects of the territories of intensive industrial growth, is of particular importance.

Since the main task of the study is to determine the optimal and balanced development of a particular mode of transport for the sake of ensuring the connectivity of the territories, to achieve the goals it is proposed to form a rating method by which for each mode of transport, depending on its characteristics, throughput, costs creation and maintenance of infrastructure, type of territory, its length, etc. (the full set of criteria includes a significantly larger number of them), a certain indicator of the region's readiness (disposition) to solve the problem would be displayed.

III.

The model being created consists of three main elements: a variable (territorial) module, a permanent (functional) module, and a distance module. Each of them has a set of criteria by which an assessment is given to the modes of transport being analyzed. The model is based on expert assessment: a group of competent individuals conducts a rating procedure for incoming variables. To increase the accuracy of the results, an increase in the number of experts is recommended. The advantages of the model include its simplicity and undemanding to computing power.

The principle of the model is to form an aggregated connectivity rating (RC) of two elements, the role of which is performed by individual regions of the Russian Federation. In addition, it is advisable to form a rating of potential capabilities for these elements, indicating the necessary technologies that are available or to be developed. Type of dependence of connectivity rating for a specific type of transport:

$$RC = \sum RC_i + DM_i \quad (1)$$

where i – set of regional elements in the transport chain, RC_i – connectivity rating of one region, DM – data obtained as a result of formation of the distance module.

The connectivity rating is a quantity dependent on many variables. To formalize the model, these



Pic. 2. Examples of inefficient directions of cargo transportation by air.

variables were grouped as territorial and functional modules. Each of them includes the corresponding variables.

The territorial module was not in vain given the status of a variable, since the proposed methodology is applied to the data set of the subjects of the Russian Federation, each of which has a unique set of characteristics. Characteristics include climatic and geographical indicators.

The final rating point of a functional module is a fixed value that does not depend on natural and geographical characteristics of the region, but can only change over time if the economic, political, scientific and other situations in the country and the world change.

Obviously, the influence of variables, even belonging to the same module, must be different. There are variables that have a significant impact, and there are those whose change should not affect the model. Based on this, it was decided to assign each criterion the degree of their significance (the weight of the criterion). The group of extremely important criteria includes such as time, reliability and speed of delivery of goods, as well as ensuring their safety, availability of a particular type of transport for the population, the cost of creating and operating its own fleet of vehicles (rental, rolling stock leasing). According to experts, consumers of services pay attention to the values of these indicators primarily when choosing one or another delivery method.

Since the listed criteria are only part of the general system of criteria, their significance in the general model is evaluated according to a single rule. It was decided to assign each of them a degree of significance on a five-point scale, where 1 point is «least important» and 5 is «extremely important». To expose points is the duty of experts. After the rating points for the territorial and functional module are formed, the total coefficient-rating of the region should be determined. It is intended to show the attractiveness of a particular subject of the Russian Federation for using each of the modes of transport in question.

The result of the calculation will be a multidimensional array of ratings to ensure the connectivity of two geographical points of the Russian Federation (regions) by criteria, for example, the

volume of passenger or cargo transportation by various types of transport. The claimed method allows to choose an economically optimal approach to improve connectivity, and hence accessibility of territories. With availability of information on the prospects for development of transport connectivity, it is possible to more fully and accurately forecast the ways to ensure it, to invest in related programs, taking into account the expected social and economic effects.

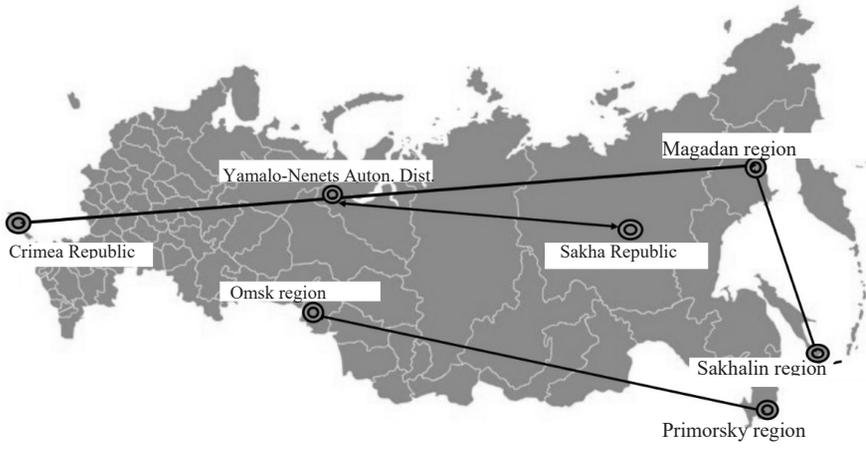
IV.

For transportation of goods the most preferred mode of transport is an airship. This is indicated by both territorial and functional modules. Leadership of such an obvious slow mover is primarily due to the fact that it, despite its greater dependence on weather conditions as compared to an aircraft, requires lower costs for creation and maintenance of the infrastructure necessary for its operation, while having similar characteristics on safety of cargo transportation, reliability, safety, etc.

It is believed that an aircraft is effective as a means of transportation in cases where the distance between the point of departure and the point of arrival exceeds 500 km. Of course, there are regular flights to a smaller distance, but often this is due only to inability to use any other type of transport. Pic. 2 presents examples of such unattractive directions of transportation. We also note that although Voronezh and Penza regions are in different federal districts and therefore there are obvious objects of model calculations, the distance between them is too small for the reciprocal delivery of goods by air for them to become effective.

The exception to the judgments about inexpediency of using air transport as a means of transporting goods within one federal district is the Ural, Siberian and Far Eastern federal districts. This is explained by the fact that the distances between the subjects that are part of one federal district, as well as the distances between the bordering subjects of different districts, are quite large. Among other things, it is these federal districts that have such difficult climatic conditions that, while not being comfortable for air transport, make them completely ineffective for any other kind of freight transportation.





Pic. 3. Examples of effective directions of cargo transportation by air.



Pic. 4. The most effective routes for passenger transportation by helicopter.



Pic. 5. The most effective routes for passenger transport by air.

Pic. 3 shows examples of the most efficient directions of cargo transportation when using air transport.

As it was supposed, first of all the regions where the use of air transport is most beneficial are all northern regions of the Russian Federation located in the Arctic Circle and in permafrost conditions: the Sakha Republic, Magadan region, Chukotka and Yamalo-Nenets Autonomous Districts. Aviation is optimal in terms of ensuring connectivity with other territories of the country and for Kaliningrad region.

As for passenger transportation, the same regions as for aircraft transportation are also less attractive regions for helicopter transportation: Arkhangelsk region, Republic of Karelia, Kamchatka region. The main reason is the climatic features of the regions. Nevertheless, the developed model allows to choose a relatively optimal solution even in such conditions. The helicopter type of air transport is still rated for use in these regions better than that of the aircraft. The main advantage of helicopters is undemanding of the level of infrastructure of points of departure and arrival. However, it is more profitable to use this type of transport for short distances between neighboring subjects. Such transportation will be less costly for passengers and for airlines.

In the analysis of helicopter passenger transportation, several most attractive routes were identified. Among them (Pic. 4): Magadan region – Kamchatka region, Kursk region – Volgograd region, Novosibirsk region – Kemerovo region, Voronezh region – Penza region. The average distance of these routes is 600–800 km.

As for passenger aircraft routes, an aircraft is «designed» for longer distances, and with increasing flight length, its efficiency also increases. On average, the length of such routes is from 1000 to 7000 km. Among the most attractive lines for passenger transportation (Pic. 5): Sevastopol – Sakhalin region, the Republic of Tatarstan – Primorsky region, Altai region – Magadan region.

Conclusions. Today, one of the main tasks set by the state is formation of a single transport space of our country and ensuring the connectivity of its regions, including with the help of air transport. The accelerated development of the aviation industry requires a large number of preparatory measures and calculations. Conducted research work represents the initial stage of creating a model of connectivity of territories. The feasibility of using a particular type of transport depends on many factors and each of them needs an objective and scientifically based assessment, qualified interpretation and system vision.

REFERENCES

1. Fact-finding studies in support of the development of an EU strategy for freight transport logistics. Lot 1:

Analysis of the EU logistics sector. Final report [Electronic resource]: <https://ec.europa.eu/transport/sites/transport/files/themes/strategies/studies/doc/2015–01-freight-logistics-lot1-logistics-sector.pdf/>. Last accessed 15.10.2018.

2. Transport infrastructure in Germany. Logistics pilot. Dec.2013 [Electronic resource]: https://bremenports.de/wp-content/uploads/2017/06/Logistics-Pilot_Ausgabe-Dezember-2013_en.pdf. Last accessed 15.10.2018.

3. Global Competitiveness Index [*Indeks globalnoi konkurentosposobnosti*] // *Humanitarian Encyclopedia. Center for Humanities. 2006–2017 (latest revision: 21.06.2018)* [Electronic resource]: <http://gtmarket.ru/ratings/global-competitiveness-index/info>. Last accessed 15.10.2018.

4. List of countries by number of airports [*Spisok stran po kolichestvu aeroportov*]. Wikipedia: The free encyclopedia [Electronic resource]: https://ru.wikipedia.org/wiki/Список_стран_по_количеству_аэропортов. Last accessed 15.10.2018.

5. List of countries of the world by area. The area of each country of the world [*Spisok stran mira po ploshchadi. Ploshchad kazhdoi strany mira*]. World-globe.ru [Electronic resource]: <http://www.world-globe.ru/countries/area/>. Last accessed 15.10.2018.

6. Freight turnover of the leading economies of the world [*Gruzooborot stran vedushchih ekonomik mira*]. Federal State Statistics Service [Electronic resource]: http://www.gks.ru/bgd/regl/B16_5563/IssWWW.exe/Stg/4–05.doc. Last accessed 15.10.2018.

7. Transport strategy of the Russian Federation for the period up to 2030 [*Transportnaya strategiya RF na period do 2030 goda*]. Federal Road Agency: Rosavtodor [Electronic resource]: <http://rosavtodor.ru/docs/transportnaya-strategiya-rf-na-period-do-2030-goda>. Last accessed 15.10.2018.

8. Kameneva N. A. The main directions of economic development of the transport infrastructure of Russia [*Osnovnie napravleniya ekonomicheskogo razvitiya transportnoi infrastruktury Rossii*]. *Universum: Economics and Law: electronic scientific journal*, 2014, Iss. 3 [Electronic resource]: <http://7universum.com/ru/economy/archive/item/1058>. Last accessed 15.10.2018.

9. Misharin, A. S., Evseev, O. V. Actualization of the Transport Strategy of the Russian Federation for the period until 2030 [*Aktualizatsiya Transportnoi strategii Rossiiskoi Federatsii na period do 2030 goda*]. *Gosudarstvo i transport*, 2013, Iss. 2, pp. 4–13.

10. Changes in the number of airports in the Russian Federation [*Izmenenie kolichestva aeroportov na territorii RF*] / Federal Agency of Air Transport [Electronic resource]: <https://www.favt.ru/public/materials//a/1/f/b/4/a1fb400c22f292b5790d0f148b5f0f4d.rtf>. Last accessed 24.09.2018.

11. Yakovlev, A. Non-competitive and necessary Why and how is the northern delivery in Yakutia organized [*Bezalternativnyy i nuzhnyy. Zachem i kak proshodit severnyy zavoz v Yakutii*] / *Information and Analytical Agency «East of Russia»* [Electronic resource]: <https://www.eastrussia.ru/material/bezalternativnyy-i-nuzhnyy/>. Last accessed 15.10.2018. ●

Information about the authors:

Kraev, Vyacheslav M. – D.Sc. (Eng), professor of Moscow Aviation Institute (National Research University), Moscow, Russia.

Lyapina, Svetlana Yu. – D.Sc. (Economics), professor of Russian University of Transport, Moscow, Russia, sylyapina@hse.ru.

Fedotova, Marina A. – Ph.D. (Economics), associate professor of Moscow Aviation Institute (National Research University), Moscow, Russia, fedotova-ma@yandex.ru.

Article received 16.08.2018, revised 15.10.2018, accepted 16.10.2018.

