

УДК 911.6

ОЦЕНКА УСЛОВИЙ И ФАКТОРОВ ФОРМИРОВАНИЯ РЕГИОНАЛЬНЫХ АВИАХАБОВ В ЕКАТЕРИНБУРГЕ, ТЮМЕНИ, НОВОСИБИРСКЕ И КРАСНОЯРСКЕ

© 2023 г. О. В. Сорокин^a, *, А. С. Волошок^a

^aГеографический факультет, Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова, Москва, Россия

*e-mail: sorokin.oleg.98@mail.ru

Поступила в редакцию 02.07.2022 г.

После доработки 12.02.2023 г.

Принята к публикации 21.02.2023 г.

В статье предложена методика оценки условий и факторов, способствующих формированию региональных авиахабов. Условие — это свойство среды, фактор — свойство самого формируемого авиахаба. В качестве условий рассмотрены: транспортно-географическое положение и объем локального спроса, в качестве факторов — пропускная способность аэропорта, представленность базового авиаперевозчика, инфраструктура для трансфера и качество расписания отправок и прибытий. Для анализа были отобраны четыре аэропорта: Кольцово (Екатеринбург), Рошино (Тюмень), Толмачево (Новосибирск) и Емельяново (Красноярск), в наибольшей степени подходящие для формирования в них регионального авиахаба. Эти аэропорты обслуживают крупнейшие города и находятся на окраине своих территориальных группировок городов, обращенных к другим территориальным группировкам городов, между которыми будет осуществляться трансфер, что является оптимальным сочетанием для формирования регионального хаба. Под региональным хабом понимается аэропорт в нестоличном городе, специализирующийся на обслуживании трансферных перевозок между разными частями страны. Для каждого условия и фактора приведено фактическое или расчетное значение показателя, оно пронормировано от 0 до 1. Из-за постоянства условий на коротком промежутке времени для увеличения потенциала формирования авиахаба администрации аэропортов необходимо работать с факторами, среди которых наиболее важным, гибким с точки зрения скорости и стоимости реализации является фактор авиационного расписания отправок и прибытий. По результатам анализа оптимальными условиями для формирования хаба обладает аэропорт Екатеринбурга, а администрация Новосибирского аэропорта лучше оперирует факторами, например, работает над удобством трансферных стыковок, взаимодействуя с базовым авиаперевозчиком.

Ключевые слова: воздушный транспорт, авиахаб, условия и факторы, пассажирские авиаперевозки, трансферные пассажиры

DOI: 10.31857/S258755662303010X, **EDN:** QTMRSW

ПОСТАНОВКА ПРОБЛЕМЫ

Для России воздушный транспорт наиболее перспективный для обеспечения внутренних пассажирских связей из-за больших размеров территории и значительных расстояний между региональными центрами страны. Один из наиболее актуальных вопросов, на который может ответить география транспорта, — какова оптимальная территориальная организация каждого из его видов. В географии воздушного транспорта территориальная организация изучается с помощью дуалистической модели *point-to-point* и *hub and spoke*¹ (рис. 1).

После отмены регулирования воздушных перевозок и установления рыночных законов функционирования авиаотрасли для авиакомпаний экономически более выгодной стала модель перевозок *hub and spoke*, но на направлениях с объемом ежедневного спроса, кратно превышающим типовую вместимость среднемагистрального воздушного судна, предпочтительнее модель *point-to-point*. Эту нишу успешно заняли низкобюджетные авиаперевозчики (лоукостеры) — авиакомпании с ярко выраженной моделью сниженной себестоимости перевозок.

¹ *Point-to-point* представляет собой модель, при которой авиакомпания осуществляет перелеты между парами городов, имеющими достаточный потенциал пассажиропотока для заполнения нескольких рейсов в течение дня. При реализации модели *hub and spoke* авиакомпания выбирает один или несколько хабовых аэропортов, из которых осуществляются авиаперевозки в аэропорты с меньшим объемом пассажиропотока. В хабовом аэропорте осуществляются пересадки для перемещения внутри всей системы.

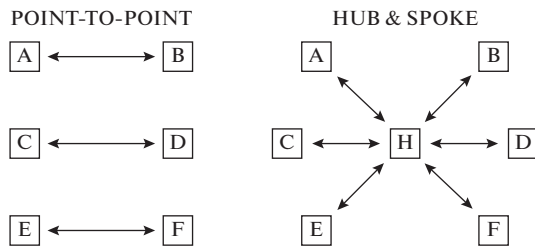


Рис. 1. Авиаперевозки по моделям *point-to-point* и *hub and spoke*.

Источник: (Cook and Goodwin, 2008).

Модель *hub and spoke* применяется классическими перевозчиками, обслуживающими широкую сеть направлений полетов с удобными стыковками между рейсами. Такая модель обеспечивает пассажирам больше потенциальных направлений и более высокую частоту рейсов, что улучшает транспортное обслуживание как населения, так и отдельных городов и территорий.

Территориальная структура авиаперевозок в России в целом детерминирована исторически сложившимися системами расселения и направлениями потоков пассажиров. Ее оптимизация в целом направлена на минимизацию экономических издержек авиакомпании, а также на сокращение затрат времени пассажира и уровня тарифа. Издержки перевозочной деятельности несут авиакомпании, поэтому территориальная структура авиаперевозок страны зависит от политики авиакомпаний в каждом конкретном аэропорте и на каждой авиалинии.

Для России характерны гиперцентрализация пассажирских авиаперевозок (Московский авиаузел обслуживает почти каждого второго авиапассажира России, в то время как в агломерации Москвы живет не более 20% населения страны) и эксцентриситет авиаперевозок (соответствует системе расселения), сильная вытянутость территории и диспропорции расселения и экономической активности между ее западной и восточной частями² (Антонов, Махрова, 2019; Тархов, 2018). Высокий уровень несоответствия системы расселения и системы авиаперевозок можно снизить с помощью формирования региональных авиахабов, специализирующихся преимущественно на субширотном перераспределении пассажиропотоков, благодаря которым среднее преодоленное пассажиром расстояние на воздушном транспорте будет в меньшей степени отличаться от орто-

дромического расстояния отправления пассажира. Ввиду отсутствия в открытом доступе статистики о фактических пассажиропотоках по отправлениям для территории России критерием оптимальности может служить текущее состояние территориальной структуры авиаперевозок. Она, с одной стороны, отражает маршрутную сеть авиакомпаний, а пассажиропотоки отражают потребительский спрос на предлагаемую авиакомпаниями сеть авиалиний. Но, с другой стороны, потребители не могут в явном виде предложить авиакомпаниям необходимые им маршруты, в связи с чем вынуждены перемещаться внутри предлагаемой сети неоптимальными маршрутами и/или использовать иные виды транспорта для совершения поездок. В отличие от большинства стран Северной Америки и Западной Европы, где либерализация авиаперевозок прошла на несколько десятков лет раньше, в России этот процесс начался в 1991 г. По состоянию на 2022 г. внутренние и международные рейсы выполняются только после выдачи разрешения на полеты Федеральным агентством воздушного транспорта.

Организация региональных хабов позволяет снизить издержки авиакомпаний и расходы авиапассажиров. Это происходит за счет более выгодных условий обслуживания, предоставляемых аэропортом базовому авиаперевозчику, например, выделения удобных выходов на посадку (гейтов) или строительства отдельного пассажирского терминала, предоставления оптимальных слотов на взлетно-посадочные операции и более выгодных финансовых условий аэропортового обслуживания при обеспечении роста пассажиропотока в аэропорте³.

Среди зарубежных источников по этой теме есть только узконаправленные статьи, посвященные одному или нескольким аспектам хабовых авиаперевозок, например, потенциал “хабовости” аэропортов (Chang et al., 2020; Dai et al., 2018; Huston and Butler, 1993; Wang et al., 2011; Zeigler et al., 2017), подключения к хабу новых направлений (Veldhuis, 1997), расчету оптимального времени для совершения пересадки (Logothetis and Miyoshi, 2018; Seredyński et al., 2014). В результате проведенного обзора литературы не обнаружено комплексных работ, предметом которых было бы формирование авиахабов. Тем не менее зарубежный опыт богат на исследования эффективности расписания в авиахабах, например Дубая и Стамбула (Logothetis and Miyoshi, 2018), или отдельных авиаперевозчиков, например Эмирейтс, Этихад Эйрвейз и Катар Эйрвейз (O’Con-

² Значения показателей численности проживающего в городах населения и численности обслуженных пассажиров сильно отличаются друг от друга.

³ Трансферная программа аэропорта Толмачево. <https://tolmachevo.ru/partners/airlines/development/>.

nell and Bueno, 2018), особенно по показателям качества и эффективности стыковок.

В отечественной литературе мало работ, посвященных формированию и анализу хабов (Гинзбург, 2009; Ляшенко, 2015; Неретин, 2017). Еще меньше работ затрагивает вопрос оценки условий и факторов, необходимых для формирования авиахабов. Часто условия и факторы указываются номинально и без численных оценок. Например, Гильц и Новосельский (2021) указали, что к числу общепринятых условий для создания авиахаба относятся: 1) присутствие базовой авиакомпании с устойчивым финансовым положением; 2) развитая инфраструктура аэропорта, позволяющая принимать большое число самолетов; 3) выгодное транспортно-географическое положение (ТГП); 4) большой пассажиропоток аэропорта; 5) невысокая цена на топливо; 6) развитое транспортное сообщение с аэропортом. В (Ярошевич, Вязовская, 2011) на роль третьего регионального хаба страны после Московского авиационного узла (включающего аэропорты Шереметьево, Домодедово и Внуково) и Пулково авторы рассматривают аэропорты Толмачево, Кольцово и Храброво, но оставляют выбор незавершенным, апеллируя к необходимости проведения дополнительного исследования по вопросу выбора маркирующего показателя — по пассажиропотоку, ТГП или уровню развития инфраструктуры.

МЕТОДИКА ИССЛЕДОВАНИЯ

Для исследования потребовалась обширная база данных, основанная на различных транспортных параметрах (расписания отправок и прибытий самолетов, численность обслуженных в аэропортах пассажиров, провозные емкости авиакомпаний в аэропортах, численность населения в городских агломерациях⁴, технико-эксплуатационные показатели пропускной способности аэропортовой инфраструктуры и др.).

Источником данных стали открытые материалы, предоставленные Росавиацией⁵, пресс-службами аэропортов, а также информация, собранная в полевых условиях и взятая из материалов, размещенных в сети Интернет. Для качественного отображения обработанных данных были использованы ГИС и возможности таких компьютерных приложений, как язык программирования Python (для автоматизации сбора и обработки данных сайта с информацией о перемещениях самолетов⁶ и об объемах провозных емкостей) и система биз-

нес-аналитики Tableau (для визуализации пассажирских авиаперевозок России).

Хаб — аэропорт, специализирующийся на обслуживании пересадочных (трансферных) пассажиров, имеющий разветвленную сеть направлений, как правило, обслуживающий большое число пассажиров и значительное число взлетно-посадочных операций. Хаб можно определить через необходимые и достаточные условия. Необходимым является наличие обслуженных пассажиров, а достаточным — наличие трансферных (пересадочных) пассажиров. При этом очевидно, что для привлечения в аэропорт трансферных пассажиров должна возникнуть необходимость полета с пересадкой и существовать возможность такой пересадки в рассматриваемом хабе (рис. 2).

Региональный (авиа-)хаб — это хаб, ориентированный в первую очередь на обслуживание трансферных перевозок внутри страны между населенными пунктами, расположенными вне региона, в котором расположен рассматриваемый хаб.

Необходимость перелета с пересадкой в авиахабе возникает из-за отсутствия прямых рейсов между конкретной парой аэропортов, или их низкой частоты, и/или высокой стоимости прямых рейсов в сравнении с пересадочным рейсом, и/или иных причин.

Возможность перелета с пересадкой появляется при подключении обоих целевых аэропортов (отправления и прибытия) к хабу и при наличии у аэропорта-хаба временного (расписание отправок и прибытий) и инфраструктурного (сквозная регистрация на рейс, система обработки багажа трансферных пассажиров, транзитный коридор, по которому трансферные пассажиры из зоны прилета сразу попадают в стерильную зону для ожидания стыковочного рейса, минуя повторные регистрацию на рейс и получение/сдачу багажа) удобства для совершения трансфера.

Для реализации трансферного обслуживания пассажиров у аэропорта — потенциального хаба должны быть выполнены условия, а для эффективного функционирования у такого аэропорта должны быть максимально использованы его свойства, т.е. его факторы.

В соответствии с определениями Горкина и Смирнягина (1973) *условие* размещения какого-либо объекта (авторы рассматривали условия размещения производства) — это свойство элементов среды, а *фактор* размещения — свойство самого размещаемого объекта, которое определяет необходимость близости к определенным элементам среды. Приложим этот подход к задаче формирования авиахабов в географии авиатранспорта.

Основными внешними условиями формирования региональных авиахабов являются доста-

⁴ Для этого взят показатель численности населения в городских округах, обслуживаемых аэропортами, в связи с большей вовлеченностью городских жителей в межрегиональные авиатранспортные связи.

⁵ <https://favt.gov.ru/>.

⁶ <https://www.flightradar24.com/>.

Привлечение трансферных пассажиров в хаб происходит при возникновении необходимости и наличии возможности совершить трансфер в аэропорте

Участник трансфера	Необходимость (для участников)	Возможность (для пассажира)	Реализация возможности (для участников)
Трансферный пассажир	■ Нет прямого рейса между (целевыми) аэропортами корреспонденции пассажира (малый размер хинтерланда) ■ Есть прямой рейс, но низкая частота/высокая стоимость прямого рейса/иные причины	Оба целевых для пассажира аэропорта (аэропорт вылета и аэропорт прилета) подключены к хабу	Цена трансфера Время трансфера Инфраструктурное удобство трансфера
Аэропорт (хаб)	Рост операционной выручки и прибыли за счет увеличения числа обслуженных пассажиров при максимальной обслуженности локального рынка	В хабе есть инфраструктура для трансфера: 1) сквозная регистрация на рейс 2) наличие транзитного коридора 3) багаж трансферных пассажиров обрабатывается без их участия	Выполнены условия: 1) опт. ТГП хаба, 2) достаточный локальный спрос Максимизированы факторы: 1) проп. способность хаба, 2) трансферн. инфр-ра, 3) баз. АК, 4) опт. расписание, 5) др.
Авиакомпания	Рост операционной выручки и прибыли за счет улучшения клиентского предложения: сеть авианаправлений с удобными стыковками	Расписание прилетов и вылетов удобно для пересадки трансферного пассажира	Решена оптимизационная задача – составленное расписание воздушного судна максимизирует операционную прибыль: 1) загрузка кресел максимальна (~85% и выше) 2) простой самолета и персонала минимизируется
Пояснения	Необходимость вызвана неоптимальностью транспортной услуги для всех участников трансфера	Возможность трансфера возникает при появлении условий для его реализации	Возможность реализуется при наличии положительного эффекта для всех участников трансфера

Рис. 2. Описание процесса привлечения трансферных пассажиров в авиахаб.
Составлено автором.

точная величина территории страны⁷ и особенно-сти расселения⁸ внутри нее. Эти условия отчасти определяют и само местоположение потенциальных авиахабов. Для субширотно вытянутой и неравномерно заселенной России такой авиахаб можно разместить, используя три подхода:

- 1) в городе, расположенном на окраине одной из населенных зон⁹, обращенной к другой населенной зоне;
- 2) в наиболее населенном городе одной из зон;

⁷ Для простоты расчета примем, что страна имеет форму круга. Конкуренцию в перевозках между центральным и четырьмя (равномерно отдаленными по азимуту) периферийными городами воздушный транспорт выигрывает, начиная с дистанций 750 км и более (Сорокин, Самбулов, 2021). При таком расстоянии перелеты с пересадкой точно будут более востребованными в сравнении с железнодорожными поездками даже в случае наличия железнодорожного сообщения между всеми соседствующими периферийными городами. Достаточная площадь страны для формирования регионального авиахаба = $\pi r^2 = 3.14 \times 750 \times 750 = 1.766$ млн км².

⁸ Потребность в региональном авиахабе формируется при возникновении диспропорции в расселении, что проявляется в экономической нецелесообразности обеспечения городов малой людности большим набором авиадестинаций.

⁹ В рамках этого исследования населенная зона нами определяется как визуальная топографическая концентрация/скопление городов. Для масштаба всей страны можно рассмотреть, как минимум, две населенные зоны, географически разделяемые на условно западную и условно восточную с Уральскими горами в виде рубежа между ними (см. рис. 3).

3) в городе, расположенном между населенными зонами.

В качестве населенных зон будем рассматривать условно западную и условно восточную зоны, разделяемые Уральскими горами. Наиболее заселенные очаги обозначены красным контуром (рис. 3)¹⁰.

Для формирования региональных хабов в России предлагается использовать в качестве основных два условия (внутренних) и четыре фактора¹¹.

Перечень внутренних условий формирования авиахабов включает: выгодность ТГП аэропорта и величину локального спроса на пассажирские авиаперевозки. Такие внутренние условия обусловлены необходимостью, с одной стороны, оптимального ТГП для минимизации издержек на обслуживание взлетно-посадочных операций. С другой стороны, именно условием, а не фактором, как может показаться, выступает необходи-

¹⁰ В рамках исследования учитывается только городское население.

¹¹ Перечень условий и факторов не является исчерпывающим. Например, важным фактором служат метеорологические условия, которые, например в Иркутске, являются причиной регулярных задержек и отмен авиарейсов. Несмотря на масштаб и всеобщую государственную важность, фактор государственной транспортной политики играет менее существенную роль, поскольку федеральные органы исполнительной власти несут ответственность за состояние ранее построенной аэродромной инфраструктуры, но не за целенаправленное развитие проекта авиахаба в конкретном аэропорте. Более важную роль для хабов играют региональные органы исполнительной власти.

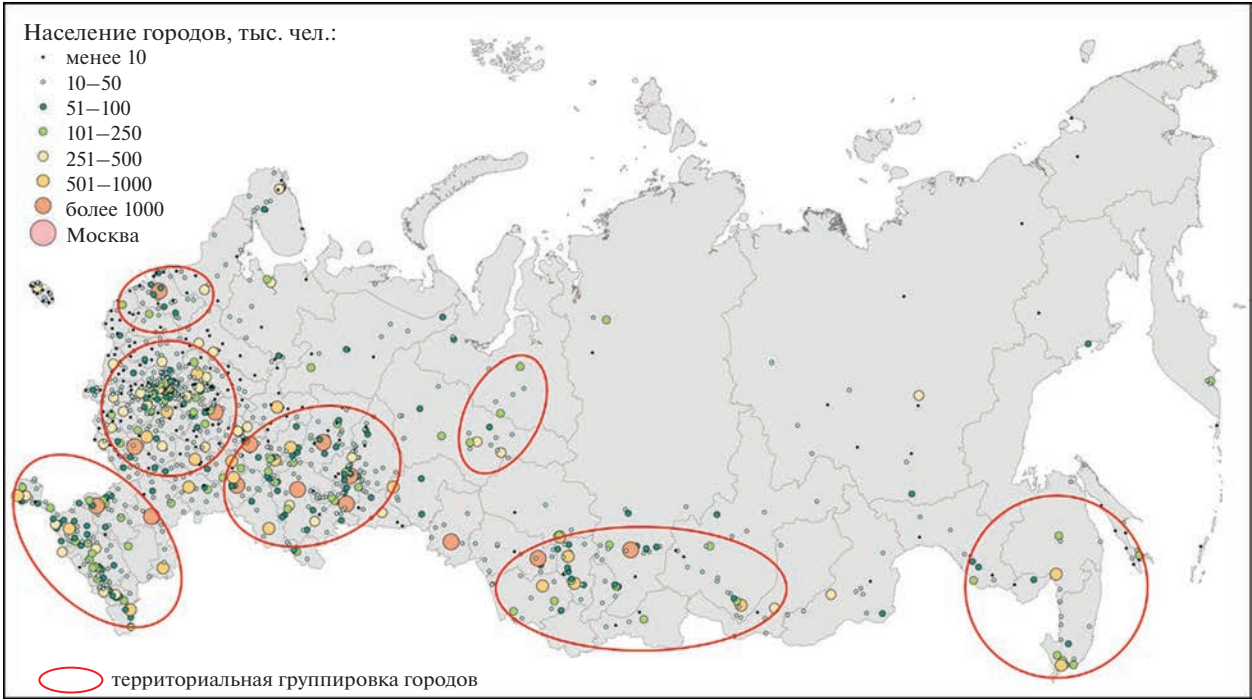
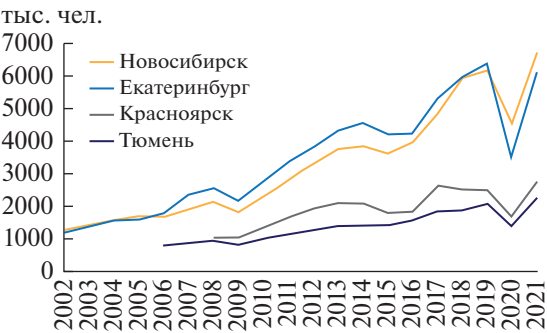
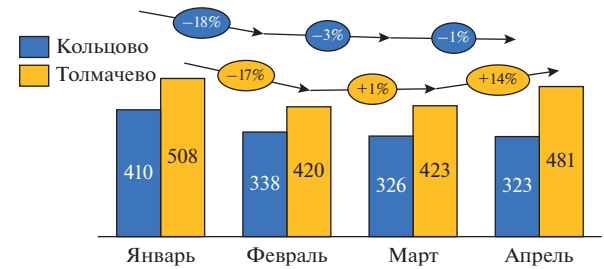


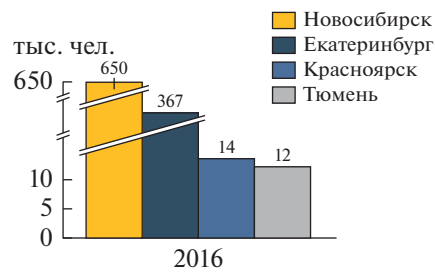
Рис. 3. Людность городов России (на 1 января 2020 г.) и их территориальные группировки. Составлено автором.



Пассажирооборот



Пассажирооборот Толмачево и Кольцовов, 2022, тыс. чел.



Обслуженные трансферные пассажиры, 2016 г.



Трансферные пассажиры в Толмачево

Рис. 4. Обслуженные пассажиры, в том числе трансферные, в аэропортах Новосибирска, Екатеринбурга, Красноярска и Тюмени.

мый минимальный спрос на авиаперевозки для раскатки рейсов. Выгодное ТГП обеспечит возможность формирования авиахаба (необходимое условие), а локальный спрос (достаточное условие) станет необходимым катализатором для создания авиахаба. ТГП оценено как среднее от суммы четырех метрик: сумм расстояний от потенциальных региональных хабов до аэропортов федерального значения и центров субъектов Федерации, с нормированием¹² на население и без нормирования.

Для выявления четырех основных, но не единственных¹³ факторов использовались объективные предпосылки. Аргументация факторов дана в порядке увеличения масштаба рассмотрения: *регион, аэропорт, авиакомпания, деятельность авиакомпании*.

- Хаб — это аэропорт с высокими пиковыми нагрузками на инфраструктуру, которые вызваны концентрацией большого числа пассажиров и, соответственно, воздушных судов как на взлетно-посадочной полосе, так и на перроне, где они отстаиваются между выполняемыми рейсами. **Значит, хаб должен обладать достаточными значениями показателей пропускной способности инфраструктуры аэродрома и пассажирского терминала.**

- Хаб — это особый вид авиаузла, специализирующийся на перераспределении пассажиров, т.е. в нем высока доля и численность пассажиров, которые попадают внутрь аэропорта не через главный вход, а через зону прилета. Для оптимального обслуживания трансферных пассажиров важно обеспечить в аэропорте соответствующую трансферную инфраструктуру с целью уменьшения нагрузки на инфраструктуру для локального рынка: *сквозная регистрация на рейс* позволяет не тратить время в очереди для повторной регистрации на стыковочный рейс; *обработка багажа трансферных пассажиров* без их участия позволяет не ожидать получения багажа; *транзитный коридор* исключает необходимость повторного досмотра пассажиров и их ручной клади. **Трансферная инфраструктура хаба необходима для уменьшения или исключения затрат времени на формальные предполетные процедуры, что удешевляет стоимость услуги трансфера и позволяет максимально увеличить численность обслуженных трансферных пассажиров.**

- Аэропорту с достаточной пропускной способностью аэродромной инфраструктуры и наличием трансферной инфраструктуры необходим базовый авиаперевозчик, присутствие которого будет способствовать привлечению трансферных пассажиров: наличие одного крупного авиаперевозчика или нескольких авиаперевозчиков одного авиаальянса или имеющих договоренность по совместному обслуживанию пассажиров увеличивает надежность и обеспечивает удобство стыковочных рейсов для пассажира, особенно в случае задержек, отмен рейсов, применения бонусных программ (накопление миль и др.). С точки зрения взаимодействия авиакомпании и аэропорта последний может обеспечить более выгодные условия базовому авиаперевозчику, например, выделить более удобные выходы на посадку (гейты) или построить отдельный пассажирский терминал, предоставить оптимальные слоты на взлетно-посадочные операции и более выгодные финансовые условия аэропортового обслуживания при обеспечении роста пассажиропотока в аэропорте. **Более выгодные условия для базового авиаперевозчика уменьшают стоимость услуг этого авиаперевозчика для пассажиров**, что увеличивает его конкурентоспособность перед другими авиакомпаниями и привлекает трансферных пассажиров для осуществления пересадки в хабе рассматриваемого авиаперевозчика, а не в хабах-конкурентах.

- Для трансферного пассажира важнейшим фактором (кроме стоимости и инфраструктурного удобства) для принятия решения в пользу конкретного хаба (при наличии конкуренции между хабами) служит стыковочное и общее время, затрачиваемые на авиаперелет. Стоит учесть, что помимо большой длительности полета, достигающей трети суток (8–9 часов), субширотные полеты в России связаны с изменением часового пояса.

На основе анализа внутренних и внешних условий, а также предварительной оценки факторов, в первую очередь пропускной способности, были выбраны четыре аэропорта, имеющие наибольший потенциал для формирования регионального хаба: Кольцово (Екатеринбург), Рошино (Тюмень), Толмачево (Новосибирск) и Емельяново (Красноярск)¹⁴.

¹²Расстояние до центров субъектов Федерации умножено на значение от 0 до 1, полученное в результате деления фактической численности населения города в 2021 г. на максимальную численность населения (в исследовании это Москва). У Москвы нормированное значение не изменится, так как показатель будет равен 1.

¹³Например, привлекательность самих хабов для посещения или привлекательность локаций, возле которых они располагаются, климатический фактор, фактор геополитических рисков.

¹⁴Аэропорты были выбраны по сочетанию сразу нескольких отборочных критериев: аэропорты при наиболее крупных городских агломерациях, расположенных на окраинах Волго-Уральской и Сибирской территориальных группировок городов (см. рис. 3). Территориальные группировки городов выделены по принципу территориальной концентрации (агломерирования) городов с учетом исторических, физико-географических и социально-экономических связей внутри таких группировок. Приведенные границы показывают только объем группировок и их делимитацию по территории.

Таблица 1. Оценка условий и факторов формирования региональных авиахабов

Условия и факторы	Наименование	Показатель	Кольцово	Рошино	Толмачево	Емельяново
Условие 1	ТГП	Центральность аэропорта относительно региональных центров (РЦ) и аэропортов федерального значения (ФЗ) с нормированием на население и без, тыс. км (оценивается как сумма расстояний), среднее по четырем метрикам, тыс. км ¹	144.6	153.3	197.4	226.4
Условие 2	Локальный спрос (оценка)	Объем спроса (свободные деньги × число плательщиков НДС) в городском округе ² , млрд руб.	21.4	9.5	13.5	3.3
Фактор 1	Пропускная способность	Число возможных взлетно-посадочных операций на взлетно-посадочной полосе в час, ед.	28	16	40	24
Фактор 2	Инфраструктура для трансфера	Год появления трансферной инфраструктуры, среднее значение года, в который появилась вся инфраструктура ³	2014	2018	2011	2010
Фактор 3	Базовый авиаперевозчик	Произведение доли аэропорта в провозных емкостях авиакомпании и доли авиакомпании в провозных емкостях аэропорта, у. е.	380	155	1015	150
Фактор 4	Качество расписания	Сумма качеств всех стыковок за день, июль 2019 г., у. е. ⁴	*	*	273.7	*

* Характеристика не рассчитана из-за отсутствия релевантных данных для исследования.

Источник. Составлено автором.

¹ См. пояснение в тексте.

² Городской округ концентрирует максимальную долю городских жителей, которые в большей степени вовлечены в межрегиональные авиатранспортные перевозки, чем сельские жители.

³ См. пояснение в тексте.

⁴ Использована методика из (Park et al., 2010), где качество рейса измеряется как произведение трех индексов: фактическое время пересадки относительно интервала (два варианта для трех категорий 45–180 мин или 60–840 мин), индекс превышения расстояния непрямого рейса от максимального (1.6), индекс частоты прямых рейсов (если число рейсов 8 в сутки и более, то необходимость в пересадочных рейсах пропадает), всего интервала (размерностью от 0 до 1). Сумма этих индексов для всех рейсов хаба — характеристика качества работы хаба.

Оценка потенциала аэропортов по формированию в них регионального авиахаба произведена двумя способами: 1) ранжированием аэропортов по сумме и среднему значению фактических или расчетных показателей условий и факторов; 2) суммированием нормированных значений показателей всех условий и факторов от 0 до 1.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

С помощью изложенной выше методики абсолютные показатели условий и факторов (табл. 1) были оценены двумя способами.

Условие 1. Показатель центральности аэропорта рассчитан как среднее значение четырех характеристик: 1) сумма расстояний от аэропорта до всех аэропортов России федерального значения; 2) и 3) сумма расстояний от аэропорта до административных центров субъектов Федерации с нормированием и без нормирования на численность

обслуживаемого федеральными аэропортами населения; 4) численность населения, проживающего в административных центрах субъектов Федерации (см. выше).

Условие 2. Локальный спрос оценим в виде “свободных денег”, имеющихся на руках у жителей главного обслуживаемого муниципального образования¹⁵ (городского округа). Свободные деньги — это объем потенциальных денежных средств, который может быть использован, в том числе, на авиаперелеты. Рассчитывается как про-

¹⁵ Сделано допущение, что для этого условия принимается в расчет население только непосредственно обслуживаемого города. Это необходимо, потому что именно за счет местного населения “раскатываются” рейсы, частота и число которых увеличивают конкурентоспособность аэропорта для формирования в нем регионального авиахаба. Расчет объема свободных денег — отдельная научная задача, так как помимо калькуляции требует определения границ самой городской агломерации, которые не совпадают с административными границами города.

изведение числа налогоплательщиков в городском округе на разность среднемесячного дохода и стоимости фиксированного набора потребительских товаров и услуг в регионе.

Фактор 1. Наиболее дорогим и наиболее важным для пропускной способности аэропорта элементом аэропортовой инфраструктуры является взлетно-посадочная полоса. От ее параметров, а также конфигурации рулежных дорожек и количества перронов зависит число взлетов и посадок, что критично для пиковых нагрузок при формировании стыковочных волн хаба. Также эта характеристика имеет объективный измеримый показатель в виде числа взлетно-посадочных операций (ВПО) в час. Поэтому для сравнения будет использован именно этот показатель.

Фактор 2. Для удобного осуществления трансфера необходимы все виды трансферной инфраструктуры. Однако отсутствие какого-то одного вида не обнулит работу по обслуживанию трансферных пассажиров, а лишь уменьшит комфорт пересеживающихся в хабе. Для оценки потенциала рассчитаем средний год появления трансферной инфраструктуры¹⁶ в каждом из аэропортов. Такой подход будет более оптимальным, поскольку на рынке трансферных авиаперевозок более раннее предложение аэропортом услуги по трансферу обеспечит более высокую вероятность привыкания пассажира к трансферу в конкретном аэропорте, а также поможет администрации аэропорта быстрее повысить качество оказания этой услуги и при необходимости внести изменения в самой хабовой инфраструктуре.

Фактор 3. С точки зрения базового авиаперевозчика хаб может быть оценен в отношении приоритетности. Для этого достаточно перемножить доли присутствия авиакомпании в аэропорте и аэропорта в структуре авиакомпании. Это можно оценить по числу ВПО, объему провозных емкостей или численности обслуженных пассажиров. Наиболее точная информация — это численность обслуженных аэропортом пассажиров, но такая статистика в аэропортах в разрезе авиакомпаний отсутствует в публичном доступе. Поэтому для анализа произведена оценка провозных емкостей авиакомпании с последующим агрегированием на уровне аэропорта для выбранных целевых аэропор-

тов. Для этой цели был написан программный код, на вход которому подавался список регистрационных номеров бортов воздушных судов каждой авиакомпании, а на выходе — объемы провозных емкостей по отправлениям в разрезе авиакомпаний, которые затем суммировались по авиакомпаниям и аэропортам, после чего подсчитывались доли присутствия базового авиаперевозчика в каждом из аэропортов. Нам важно учитывать оба долевых показателя, поэтому мы перемножили их и получили интегральный показатель значимости в системе авиаперевозчик—хаб.

Фактор 4. Для сравнения аэропортов по этому фактору необходимы данные о расписании отправок и прибытий по всем аэропортам. Однако данные были получены только для Толмачево. Для анализа стоит сравнивать именно суммарную оценку качества хаба (за идентичный равный период — сутки, неделя и т.п.), которая складывается из сумм качеств всех стыковок в течение заданного периода. Необходимость оценки каждой потенциальной стыковочной пары рейсов обусловлена высокой значимостью фактора времени, ограниченностью ресурсов авиакомпании и аэропорта, что не позволяет произвести одну идеальную стыковочную волну в течение дня. Для подсчета качества была применена методика (Park et al., 2010)¹⁷ в связи с наилучшей корреляцией рассчитанных ее авторами оценочных значений с численностью и долей обслуженных трансферных пассажиров в крупнейших авиахабах мира.

¹⁶ При формировании рынка трансферных перевозок именно год появления, а не качество инфраструктуры становится более важным фактором последующего развития хаба в силу укоренения привычек пассажиров и более быстрой возможности менеджмента улучшить сервис трансфера при более скором выявлении проблем при использовании. Кроме этого, измерение качества трансферной инфраструктуры требует проведения отдельного масштабного социологического исследования, выборку которого должны составить регулярные трансферные пассажиры рассматриваемых аэропортов.

¹⁷ Качество каждого стыковочного рейса оценивается как сумма трех факторов τ , δ , β . τ — фактор времени пересадки (сопоставляется превышение фактического времени пересадки с заданным интервалом, в котором есть минимальное время, необходимое для совершения пересадки, например, проход по гейту, пересортировка багажа, паспортный контроль перед проходом в стерильную зону, и максимальное время, превышение которого обнуляет значимость такой пересадки). В настоящем исследовании временной интервал составляет 90–270 мин в соответствии с минимальным временем в трансферных программах анализируемых аэропортов. Верхнее ограничение 270 мин — трехкратное минимальное время (Logothetis and Miyoshi, 2018). δ — фактор маршрутизации (сопоставляется сумма расстояний между первым аэропортом вылета и хабом и между хабом и аэропортом назначения с ортодромическим расстоянием прямого авиаперелета между аэропортом вылета и аэропортом прилета). В настоящем исследовании максимальный показатель фактора маршрутизации, превышение которого обнуляет качество пересадки, составляет 1.7 (Park использовал 1.6) в связи с меньшей плотностью аэропортов на территории России. β — фактор количества прямых рейсов (сопоставляется число прямых рейсов на анализируемом стыковочном рейсе с максимальным на всей исследуемой совокупности). В настоящем исследовании этот фактор не принимался в расчет по причине низкой интенсивности авиарейсов в России и меньшего значения фактора времени при авиаперелетах, особенно затрагивающих слабо освоенные территории.

Таблица 2. Ранги по измеряемым показателям условий и факторов аэропортов России с наибольшим потенциалом для обслуживания субширотного трансфера

Условия и факторы	Кольцово	Рощино	Толмачево	Емельяново
Условия				
Удобство транспортно-географического положения	1	2	3	4
Локальный спрос (оценка)	1	3	2	4
Факторы				
Пропускная способность инфраструктуры	2	4	1	3
Инфраструктура для трансфера	3	4	2	1
Базовый авиаперевозчик	2	3	1	4
Качество расписания	—	—	1*	—
Средний ранг	1.8	3.2	1.8	3.2

* Полетные расписания за 2011–2019 гг. предоставил только аэропорт Новосибирска.

Источник. Составлено автором.

Таблица 3. Нормированные показатели условий и факторов аэропортов России с наибольшим потенциалом для обслуживания субширотного трансфера

Условия и факторы	Кольцово	Рощино	Толмачево	Емельяново
Условия				
Удобство транспортно-географического положения	1.00	0.94	0.63	0.43
Локальный спрос	1.00	0.44	0.63	0.15
Факторы				
Пропускная способность инфраструктуры	0.70	0.40	1.00	0.60
Инфраструктура для трансфера	0.66	0.33	0.92	1
Базовый авиаперевозчик	0.37	0.15	1.00	0.15
Качество расписания	—	—	1.00*	—
Итого, сумма	3.73	2.26	4.18	2.33
Итого, среднее	0.714	0.386	0.827	0.466

* Полетные расписания на 01.05.2022 предоставил только аэропорт Новосибирска.

Источник. Составлено автором.

Результаты расчета по первому способу слабо дифференцированы (табл. 2).

Аэропорты Кольцово и Толмачево поделили 1-е место, Рощино и Емельяново — 3-е место. У Кольцово выше значения условий, у Толмачево — значения факторов. Кольцово обслуживает агломерацию с большей численностью населения¹⁸. Также Кольцово обслуживает самый западный¹⁹ в сравнении с остальными город, что уменьшает сумму всех расстояний до остальных аэропортов федерального значения и административных центров субъектов России.

¹⁸В радиусе 150 км от Екатеринбурга суммарно проживает 2.6 млн жителей, в Новосибирске — 1.8 млн жителей.

¹⁹Несмотря на расположение аэропорта Рощино на 200 км восточнее, он остается в “тени” аэропорта Кольцово, который также может обслуживать население Тюмени в виду большего числа авианаправлений и частоты авиарейсов.

Особенности методики нормирования:

1) для расчета по второму способу пронормируем значения показателей сравниваемых условий и факторов (см. табл. 1);

2) для условия 1 в качестве единицы будет задан минимальный (он же наилучший) результат;

3) для условия 2 и всех факторов в качестве единицы будет использован наибольший (он же наилучший) результат;

4) для фактора 2 в качестве нулевого будет принят 2022 г.;

5) фактор качества расписаний в оценке потенциала аэропортов учтен не будет, так как данные по этому фактору имеются только для Толмачево²⁰;

²⁰Для корректного сопоставления необходимы данные за конкретный день в допандемийный период.

б) при приведении оценки других аэропортов из единицы будет вычитаться частное от показателя конкретного аэропорта и лидирующего аэропорта.

После проведенного нормирования по второму способу результаты стали более дифференцированными (табл. 3).

Аэропорт Толмачево опередил Кольцово на 0.113 балла, а значение для Емельяново больше, чем для Рошино, на 0.08 балла. Отметим, что такое нормирование не является образцовым, потому что сопоставление результатов нормированной оценки потенциала и объема трансферного пассажиропотока или его доли в общей численности обслуженных пассажиров, хоть и дает корреляции на уровне 0.98, но четырех наблюдений недостаточно с точки зрения применения математического аппарата. Однако рассматривать большее число аэропортов не получится из-за отсутствия статистики численности обслуженных трансферных пассажиров за исследуемый период²¹.

ОБСУЖДЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ

Разработанная авторская методика позволяет комплексно оценить потенциал формирования регионального авиахаба, специализирующегося на внутристрановом трансфере. Эта методика может быть использована для оценки потенциала хабов для стран с достаточной площадью для их формирования.

При доработке методики оценку хабов можно произвести и с точки зрения пересадок с внутренних рейсов на международные, и с точки зрения пересадок между разными международными рейсами. В странах с более равномерным расселением и большим числом городов и аэропортов с похожим ТГП (т.е. с большей вариативностью выбора аэропорта для осуществления трансфера) методика может быть изменена по условиям и существенно расширена по факторам, например, может также быть рассмотрена аттрактивность аэропортов трансфера или населенных пунктов в непосредственной близости от них или вероятность возникновения неблагоприятных погодных явлений для взлетов, посадок и др.

ВЫВОДЫ

Несмотря на неоспоримое базовое преимущество в виде изначально более выгодных условий аэропорта Кольцово (Екатеринбург) для формирования в нем регионального авиахаба, управление факторами администрацией аэропорта Толмачево

(Новосибирск) ведется лучше, что определяет аэропорт Толмачево как более перспективный для формирования в нем регионального авиахаба. Это подтверждается как численностью и долей обслуженных трансферных пассажиров, так и общей динамикой численности пассажиров в сравнении с аэропортом Кольцово (см. рис. 4).

Успешный исход реализации проекта регионального хаба в аэропорте Толмачево стал возможным благодаря наложению ряда положительных предпосылок. Так, на базе этого аэропорта Толмачевский авиаотряд реорганизовался в авиакомпанию “Сибирь” (с 2006 г. — “S7 Airlines”), являющуюся базовым авиаперевозчиком аэропорта. Размер компании (около 100 воздушных судов) позволяет организовывать удобное стыковочное расписание для осуществления трансферных перевозок. Новосибирск с советского периода являлся крупным транспортно-логистическим узлом. Основанный в 1893 г. при строительстве моста Транссибирской магистрали через р. Обь, благодаря реализации своего экономико-географического положения Новосибирск уже через 70 лет (к 1962 г.) стал городом с миллионным населением, что обеспечило достаточный локальный спрос на авиаперевозки. И наконец, реализации проекта трансферного хаба способствовало обеспечение аэропорта соответствующей инфраструктурой, благодаря которой есть возможность качественного и быстрого обслуживания трансферных авиапассажиров.

В аэропорте Кольцово (Екатеринбург) базовый перевозчик — авиакомпания “Уральские авиалинии”, имеющая вдвое меньший размер парка воздушных судов и меньшую долю в еженедельных провозных емкостях, предоставляемых пассажирам аэропорта, что уменьшает ее значимость в качестве базового авиаперевозчика и существенно сокращает возможность для организации стыковочного расписания.

Аэропорт Емельяново (Красноярск), несмотря на достаточную численность населения города и значительный объем свободных денег у населения, доступных для трат на авиаперелеты, не располагает базовым авиаперевозчиком. Эту функцию рудиментарно выполняют несколько перебазированных туда самолетов авиакомпании “Аэрофлот”²², что соответствует стратегии развития компании²³.

Аэропорт Рошино (Тюмень) имеет худшие среди четырех рассматриваемых аэропортов значения показателей. Это вызвано как распределенной сетью авиахабов у авиакомпании “Utair”, что обуславливает невысокую долю провозных

²¹ Данные имеются только за 2013–2022 гг. для Толмачево, за 2015–2017 гг. для Кольцово, за 2015–2016 гг. для Рошино и 2016–2021 гг. для Емельяново.

²² <https://www.kommersant.ru/doc/4836936>.

²³ https://www.aeroflot.ru/media/afllfiles/media/strategy/pasport_2022.pdf.

емкостей базового перевозчика, так и близким расположением к более крупному аэропорту Екатеринбурга, который может обеспечить большую номенклатуру направлений и более высокую частоту авиарейсов.

Несмотря на небольшой перечень влияющих факторов, можно из него выделить более и менее значимые. Текущее исследование показало, что первостепенным фактором является наличие базового авиаперевозчика. Данный фактор в российских условиях также сильно связан с историческими предпосылками, но опирается на предшествующие объемы обслуживания перевозок. Это косвенно отражает, с одной стороны, численность населения в городе, а с другой, его транспортно-географическое положение, определяющее необходимость использования воздушного транспорта. Однако без эффективного менеджмента и системной работы по реализации проекта регионального хаба транспортный потенциал может быть ослаблен более быстрой организацией в конкурирующих аэропортах. Фактор трансферной инфраструктуры тоже важен, но он скорее является продолжением фактора менеджмента, стремящегося обеспечить реализацию хабового проекта.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- Антонов Е.В., Махрова А.Г. Крупнейшие городские агломерации и формы расселения наагломерационного уровня в России // Изв. РАН. Сер. геогр. 2019. № 4. С. 31–45.
- Гильц Н.Е., Новосельский Н.К. Возможности развития Международного аэропорта Красноярск в авиационный хаб // Экономика и управление: научно-практический журн. 2021. № 3. С. 143–148.
- Гинзбург Е.С. Совершенствование пространственной организации авиационного транспорта России: Дис. ... канд. геогр. наук. М., 2009. 158 с.
- Горкин А.П., Смирнягин Л.В. О факторах и условиях размещения капиталистической промышленности // Изв. АН СССР. Сер. геогр. 1973. № 3. С. 68–72.
- Ляшенко Е.В. Современные особенности внутренних авиасвязей в России // География в школе. 2015. № 4. С. 3–8.
- Неретин А.С. Территориальная структура пассажирского авиационного транспорта в Европейской России // Изв. РАН. Сер. геогр. 2017. № 6. С. 19–38.
- Сорокин О.В., Самбуров К.В. Зоны тяготения пассажирских перевозок Москвы и Санкт-Петербурга // Вестн. Моск. ун-та. Сер. 5: География. 2021. № 6. С. 135–147.
- Тархов С.А. Изменения авиатранспортной связности городов России в 1990–2015 // Изв. РАН. Сер. геогр. 2018. № 2. С. 5–26.
- Ярошевич Н.Ю., Вязовская В.В. Формирование узловых аэропортов в Российской Федерации: оценка перспектив // Транспорт Российской Федерации. 2011. № 4 (35). С. 59–62.
- Cook G.N., Goodwin J. Airline networks: A comparison of hub-and-spoke and point-to-point systems // J. Aviation/Aerospace Education & Res. 2008. Vol. 17. № 2. P. 1.
- Chang Y.C., Lee W.H., Hsu C.J. Identifying competitive position for ten Asian aviation hubs // Transport Policy. 2020. Vol. 87. P. 51–66.
- Dai L., Derudder B., Liu X. The evolving structure of the Southeast Asian air transport network through the lens of complex networks, 1979–2012 // J. Transport Geogr. 2018. Vol. 68. P. 67–77.
- Huston J.H., Butler R.V. Airline hubs in the single European market: A benchmark analysis // Rev. Industrial Organization. 1993. Vol. 8. № 4. P. 407–417.
- Logothetis M., Miyoshi C. Network performance and competitive impact of the single hub – A case study on Turkish Airlines and Emirates // J. Air Transport Management. 2018. Vol. 69. P. 215–223.
- O'Connell J.F., Bueno O.E. A study into the hub performance Emirates, Etihad Airways and Qatar Airways and their competitive position against the major European hubbing airlines // J. Air Transport Management. 2018. Vol. 69. P. 257–268.
- Park Y., Lee S., Yoo K.E. Continuous connectivity model for the evaluation of hub-and-spoke operations // 12th WCTR, July 11–15, 2010, Lisbon, Portugal. 2010.
- Seredyński A., Rothlauf F., Grosche T. An airline connection builder using maximum connection lag with greedy parameter selection // J. Air Transport Management. 2014. Vol. 36. P. 120–128.
- Veldhuis J. The competitive position of airline networks // J. Air Transport Management. 1997. Vol. 3. № 4. P. 181–188.
- Wang Y. et al. SE-DEA-based Approach to Determining the Hub Growth Potential of Airports // J. Physics: Conference Series. 2020. Vol. 1486. P. 072017.
- Zeigler P. et al. Low-cost carrier entry at small European airports: Low-cost carrier effects on network connectivity and self-transfer potential // J. Transport Geogr. 2017. Vol. 60. P. 68–79.

Evaluation of Conditions and Factors for the Formation of Regional Air Hubs in Yekaterinburg, Tyumen, Novosibirsk and Krasnoyarsk

O. V. Sorokin¹, * and A. S. Voloshok¹

¹Faculty of Geography, Moscow State University, Moscow, Russia

*e-mail: sorokin.oleg.98@mail.ru

The article proposes a methodology for assessing the conditions and factors that contribute to the formation of regional air hubs. As conditions, the following are considered: the transport and geographical location and

local demand's volume, as factors—airport throughput, representation of the base air carrier, infrastructure for transfer and the quality of the take-off and landing schedule. For the analysis, four airports: Koltsovo (Ekaterinburg), Roschino (Tyumen), Tolmachevo (Novosibirsk) and Emelyanovo (Krasnoyarsk) were selected that are most suitable for the formation of a regional air hub in them. These airports serve the largest cities and are located on the outskirts of their territorial groupings of cities facing other territorial groupings of cities between which the transfer will be carried out, which is the best combination for forming a regional hub. A regional hub is an airport in a non-capital city that specializes in servicing transfer transportation between different parts of the country. For each condition and factor, the actual or calculated value of the indicator is given and normalized from 0 to 1. Due to the constancy of conditions for a short period of time, in order to increase the potential for the formation of an air hub, the airport administration needs to work with factors, among which the most important, flexible in terms of speed and cost of implementation is the factor of the aviation schedule of take-offs and landings. According to the results of the analysis, the Yekaterinburg airport has optimal conditions for the formation of a hub, but the administration of the Novosibirsk airport operates with factors better, for example, it works on the convenience of transfer connections, interacting with the base air carrier.

Keywords: air transport, air hubs, conditions and factors, passenger air transportation, transfer passengers

REFERENCES

- Antonov E.V., Makhrova A.G. Largest Urban Agglomerations and Forms of Settlement Pattern at the Supra-Agglomeration Level in Russia. *Reg. Res. Russ.*, 2019, vol. 9, no. 4, pp. 370–382.
<https://doi.org/10.1134/S2079970519040038>
- Chang Y.C., Lee W.H., Hsu C.J. Identifying competitive position for ten Asian aviation hubs. *Transp. Policy*, 2020, vol. 87, pp. 51–66.
<https://doi.org/10.1016/j.tranpol.2020.01.003>
- Cook G.N., Goodwin J. Airline networks: A comparison of hub-and-spoke and point-to-point systems. *J. Aviat. Aerosp. Education Res.*, 2008, vol. 17, no. 2, 1 p.
<https://doi.org/10.15394/jaaer.2008.1443>
- Dai L., Derudder B., Liu X. The evolving structure of the Southeast Asian air transport network through the lens of complex networks, 1979–2012. *J. Transp. Geogr.*, 2018, vol. 68, pp. 67–77.
<https://doi.org/10.1016/j.jtrangeo.2018.02.010>
- Gil'ts N.E., Novosel'skii N.K. Opportunities for the development of Krasnoyarsk International Airport into an aviation hub. *Ekonomika i Upravlenie: Nauch.-praktich. Zh.*, 2021, no. 3, pp. 143–148. (In Russ.).
- Ginzubrg E.S. Improving the spatial organization of aviation transport in Russia: *Cand. Sci. (Geogr.) Dissertation*. Moscow, 2009. 158 p.
- Gorkin A.P., Smirnyagin L.V. On the factors and conditions of the placement of capitalist industry. *Izv. Akad. Nauk SSSR, Ser. Geogr.*, 1973, no. 3, pp. 68–72. (In Russ.).
- Huston J.H., Butler R.V. Airline hubs in the single European market: A benchmark analysis. *Rev. Ind. Organ.*, 1993, vol. 8, no. 4, pp. 407–417.
- Logothetis M., Miyoshi C. Network performance and competitive impact of the single hub — A case study on Turkish Airlines and Emirates. *J. Air Transp. Manag.*, 2018, vol. 69, pp. 215–223.
<https://doi.org/10.1016/j.jairtraman.2016.10.003>
- Lyashenko E.V. Modern features of domestic air links in Russia. *Geogr. v Shkole*, 2015, no. 4, pp. 3–8. (In Russ.).
- Neretin A.S. Spatial Structure of Passenger Air Services in European Russia. *Reg. Res. Russ.*, 2018, vol. 8, no. 1, pp. 67–83.
- O'Connell J.F., Bueno O.E. A study into the hub performance Emirates, Etihad Airways and Qatar Airways and their competitive position against the major European hubbing airlines. *J. Air Transp. Manag.*, 2018, vol. 69, pp. 257–268.
- Park Y., Lee S., Yoo K.E. Continuous connectivity model for the evaluation of hub-and-spoke operations. 12th WCTR, July 11–15, 2010, Lisbon, Portugal. 2010.
- Seredyński A., Rothlauf F., Grosche T. An airline connection builder using maximum connection lag with greedy parameter selection. *J. Air Transp. Manag.*, 2014, vol. 36, pp. 120–128.
- Sorokin O.V., Samburov K.V. Zones of gravity of passenger traffic in Moscow and St. Petersburg. *Vestn. Mosk. Univ. Ser. 5. Geogr.*, 2021, no. 6, pp. 135–147. (In Russ.).
- Tarkhov S.A. Changes in the air transport connectivity of Russian cities in 1990–2015. *Reg. Res. Russ.*, 2017, vol. 7, no. 2, pp. 127–145.
<https://doi.org/10.1134/S2079970517020095>
- Veldhuis J. The competitive position of airline networks. *J. Air Transp. Manag.*, 1997, vol. 3, no. 4, pp. 181–188.
[https://doi.org/10.1016/S0969-6997\(97\)86169-8](https://doi.org/10.1016/S0969-6997(97)86169-8)
- Wang Y. et al. SE-DEA-based Approach to Determining the Hub Growth Potential of Airports. *J. Physics: Conference Ser.*, 2020, vol. 1486, p. 072017.
- Yaroshevich N.Yu., Vyazovskaya V.V. Formation of airport hubs in the Russian Federation: assessment of prospects. *Transp. Ross. Federatsii*, 2011, no. 4 (35), pp. 59–62. (In Russ.).
- Zeigler P. et al. Low-cost carrier entry at small European airports: Low-cost carrier effects on network connectivity and self-transfer potential. *J. Transp. Geogr.*, 2017, vol. 60, pp. 68–79.
<https://doi.org/10.1016/j.jtrangeo.2017.02.011>