

АНАЛИЗ ТРАНСПОРТНОЙ ОБЕСПЕЧЕННОСТИ И ПОТЕНЦИАЛЬНОЙ ДОСТУПНОСТИ ЛУЧШИХ АЭРОПОРТОВ МИРА

Нарбеков Марат Фаридович

аспирант, Казанский архитектурно-строительный университет, РФ, Казань

Transport support and potential accessibility analysis of the best airports in the world

Marat Narbekov

post-graduate student, Kazan State University of Architecture and Construction, Russia, Kazan

Аннотация. В данной статье будет рассмотрено транспортное обеспечение и доступность десяти аэропортов мира, удостоенных премии Skytrax в 2017 г. *Цель:* определить виды и параметры транспортной связи аэропортов с основным населенным пунктом района расположения аэропорта. *Задачи:* 1) определить наличие внешних линий (не относящихся к транспортному сообщению между терминалами аэропорта) немоторизированных видов транспорта, обеспечивающих доступ пользователей на территорию аэровокзала; 2) определить транспортную доступность исследуемых аэропортов и систем «аэропорт-город» методом потенциалов; 3) выявить зависимость аттрактивности аэропорта и системы «аэропорт – город» от конфигурации маршрута и расстояния между аэропортом и главным ж/д узлом города. *Методы:* картографический анализ, синтез, математический метод, сравнительный анализ. *Результаты работы* могут служить основой для разработки концепции развития транспортных систем городских агломераций в целях повышения транспортной обеспеченности и оптимизации доступа к инфраструктуре воздушного сообщения городов и населенных пунктов.

Abstract. This article covers transportation provision and accessibility of ten world airports, which were awarded Skytrax World Airport Awards in 2017 г. *Purpose of the research* is to determine transportation modes and measurements of itinerary connecting airport with major city of location area. *Research objectives is:* 1) to determine the availability of external lines (not related to transport circulation between airport terminals) of nonmotorized public transportation modes; 2) to determine transport accessibility of investigating airports and "airport-city" systems via approach of potential accessibility measures; 3) to detect dependence of airport and "airport – city" system attractiveness from route configuration and distance between airport and main railway hub. *Methods:* cartographical analysis, synthesis, mathematical method, comparative analysis. *Results* can serve as the basis for conceptual development of transport system of urban agglomerations in order to improve transport support and accessibility to air traffic infrastructure of metropolitan areas.

Ключевые слова: аэропорт; транспортная обеспеченность; транспортная доступность; аттрактивность; рельсовый пассажирский транспорт; велосипедное сообщение; потенциал системы; оптимальность конфигурации маршрута.

Keywords: airport; transport support; transport accesibility; attractiveness; rail passenger transport; bicycle transport connection; system potencial; configurational optimality of the route.

Транспортная обеспеченность аэропортов. В качестве отправной точки для определения оптимального маршрута до аэропортов были выбраны наиболее удобные в отношении транспортной доступности ж/д узлы (вокзалы) и расположенные вблизи данных узлов станции метрополитена или городского трамвая (рис. 1): 1) аэропорт Чанги – станция метрополитетна Танджонг Пагар (вид транспорта: скоростной рельсовый транспорт – Mass Rapid Transit); 2) аэропорт Ханеда – ж/д станция Токио (вид транспорта: электричка, монорельс); 3) аэропорт Инчхон – ж/д станция Сеул (вид транспорта: электричка); 4) аэропорт Мюнхен – Главный вокзал Мюнхена (вид транспорта: электричка S-bahn); 5) аэропорт Гонконг – станция метрополитена Гонконг (вид транспорта скоростной рельсовый транспорт – Mass Rapid Transit); 6) аэропорт Хамад – станция метро Мшереб (вид транспорта: метро); 7) аэропорт Тюбу (Centair) – ж/д станция в г. Нагоя (виды транспорта: электричка The Meitetsu μ -SKY Limited Express train); 8) аэропорт Цюрих – Главный вокзал Цюриха (виды транспорта: трамвай, электричка); 9) аэропорт Хитроу – станция метро Паддингтон, Вокзал Паддингтон (виды транспорта: электричка, метро); 10) аэропорт Франкфурт – Главный вокзал Франкфурта (вид транспорта: электричка S-bahn) (табл. 1, рис. 1).

Таблица 1.

Показатели транспортной обеспеченности аэропортов мира (Skytrax World Airport Awards 2017)

Аэропорт Параметры системы	Пассажирооборот, млн. чел. 2011 г. [1]	Вид рельсового сообщения	Время, затраченное на поездку на городском рельсовом транспорте, мин	Вертикальная проекция маршрута, км	Средняя скорость движения, км/ч	Расстояние до ж/д транспортного узла по прямой линии (проекция)	Велосипедное сообщение	Численность населения города млн. чел. 2011 г.
	1	2	3	4	5	6	7	8
1. Чанги (Сингапур)	46,5	метро	54	≈20,4	22,7	18,2	не выявлено	5,2
2. Ханэда (Токио, Япония)	62,3	электричка монорельс – электричка	31 23	≈19,0 ≈17,0	36,7 44,3	15	не выявлено	13,2
3. Инчхон (Сеул, Южная Корея)	35,2	электричка экспресс междугородний экспресс	58 43 —	≈58,1 ≈58,1 —	60,1 81,1 —	47,3	не выявлено	2,6
4. Мюнхен (Германия)	37,8	электричка	42	≈36,9	52,7	29,0	+	1,4
5. Гонконг (Китай)	53,3	электричка	24	≈34,0	85	23,2	не выявлено	7,1
6. Хамад (Доха, Катар)	18,2	метро	—	≈12,8	—	9,2	+	0,8
7. Тюбу (Нагоя, Япония)	> 9 (< 10)	электричка	28	≈39,3	84,2	35,1	не выявлено	2,3
8. Цюрих (Швейцария)	24,3	трамвай электричка	35 9	≈10,8 ≈10,0	18,5 66,7	8,3	+	0,4
9. Хитроу (Лондон, СК)	69,4	электричка экспресс метро	22 15 51	≈23,3 ≈23,3 ≈24,4	63,5 93,2 28,7	19,9	+	8,2
10. Франкфурт (Германия)	56,4	электричка междугородний экспресс	11 —	≈11,3 —	61,6 —	8,9	+	0,7

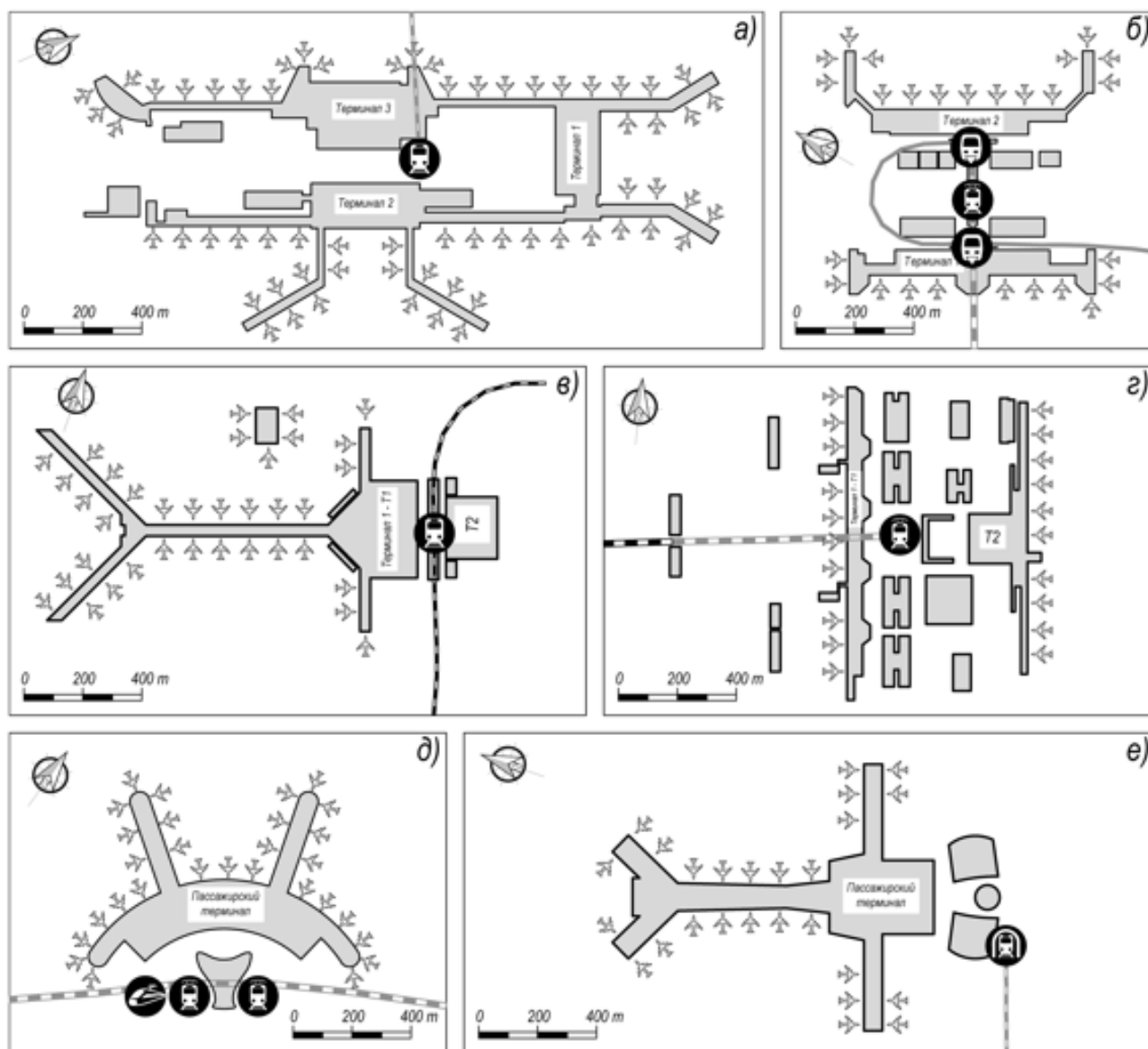


Рисунок 1. Транспортные схемы аэропортов мира

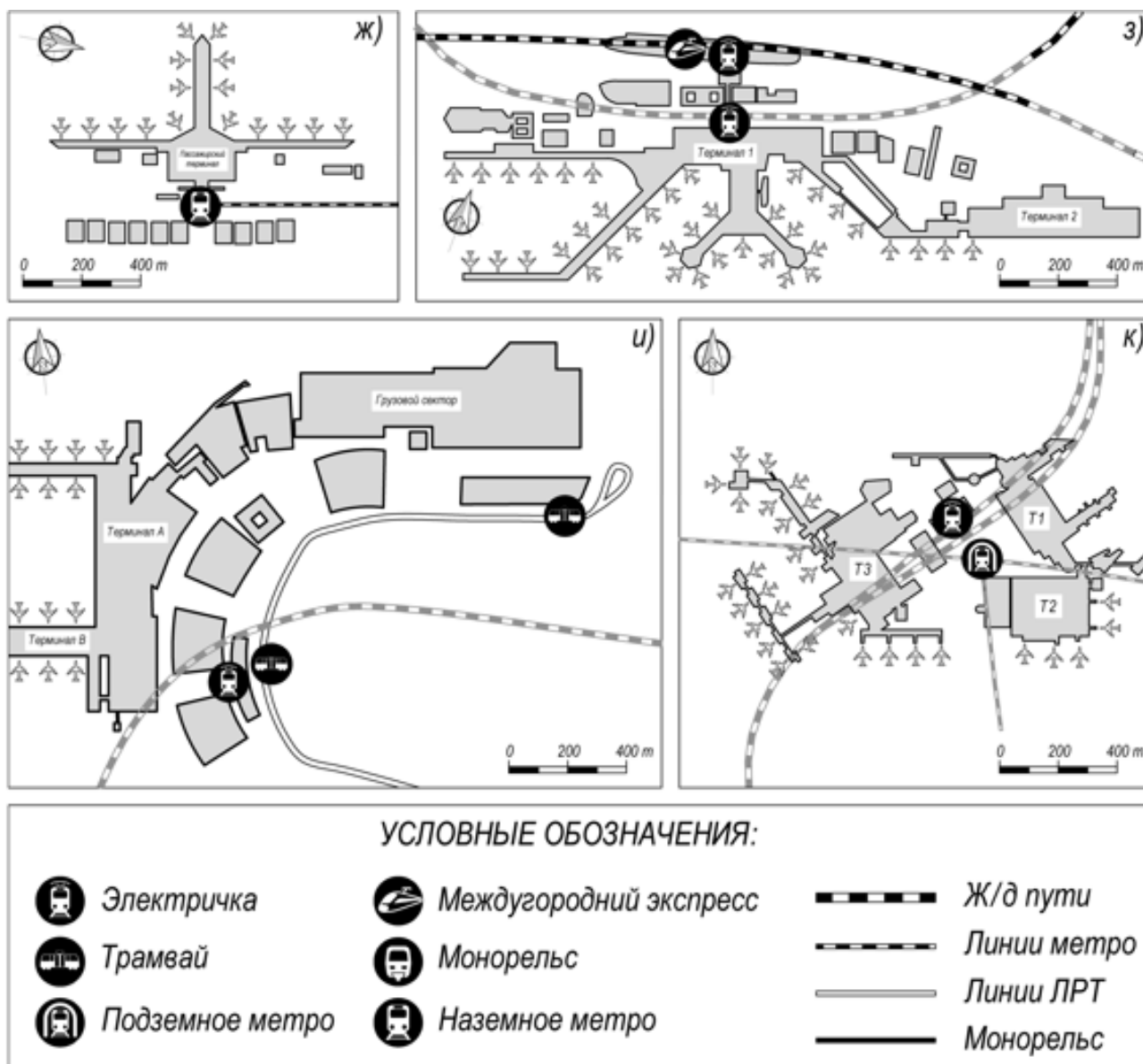


Рисунок 1. (продолжение): а - аэропорт Чанги; б - аэропорт Ханэда; в - аэропорт Инчхон; г - аэропорт Мюнхен; д - аэропорт Гонконг; е - аэропорт Хамад; жс - аэропорт Тюбу; з - аэропорт Франкфурт; и - аэропорт Цюрих; к - аэропорт Хитроу

Расчет транспортной доступности аэропортов методом потенциалов. В расчете транспортной доступности аэропортов использован метод потенциалов. Данный метод является одним из самых популярных при оценке транспортной доступности городов и населенных пунктов. При использовании данного метода возможны различные варианты расчета, однако общим признаком для всех способов вычисления является ввод значений количественных характеристик исследуемых пунктов.

Метод расчета потенциальной доступности является более сложным, чем метод пространственного разграничения, поскольку учитывает не только расстояния или время, затраченное на поездку из пункта отправки в пункт назначения, но также веса (параметры) начальных и конечных пунктов. В данном исследовании в качестве весов приняты следующие

параметры: в отношении основного города, расположенного вблизи исследуемого аэропорта – численность населения города в млн чел. за 2011 г.; вес аэропорта – пассажирооборот в млн чел. за 2011 г. без учета километража перевозки.

Начальный пункт отправки принят аэропорт, пункт назначения – станция рельсового транспорта, расположенная в центре либо в наиболее удобном районе города с точки зрения транспортной доступности аэропорта.

Расчет транспортной доступности производится по формуле (1):

$$A(P) = \sum_i^n P_i / \bar{d}_{ij} + \sum_j^n P_j / \bar{d}_{ij} \quad (1)$$

$A(P)$ – потенциальная доступность системы, $\bar{d}_{ij}$ – расстояние между пунктами отправки и назначения, P_i, P_j – атрибуты (веса) начальных и конечных пунктов маршрута, n – количество пунктов системы [2].

Расстояние между конечными пунктами принимается как усредненное расстояние всех маршрутов рельсового транспорта и вычисляется по формуле (2):

$$\bar{d}_{ij} = \frac{1}{n} \sum_l^n d_l \quad (2)$$

$\bar{d}_{ij}$ – усредненное расстояние между пунктами, d_l – вертикальная проекция маршрута электрифицированных видов транспорта, n – количество маршрутов.

Отклонение от прямолинейного маршрута вычисляется по формуле (3):

$$d_o = \bar{d}_{ij} - L_{\Pi} \quad (3)$$

d_o – отклонение от прямолинейного маршрута, L_{Π} – расстояние до ж/д транспортного узла по прямой линии (проекция).

Процент отклонения от прямолинейного маршрута (4):

$$p_o = \frac{d_o}{L_{\Pi}} \times 100\% \quad (4)$$

p_o – процент отклонения, d_o – отклонение от прямолинейного маршрута, L_{Π} – расстояние до ж/д транспортного узла по прямой линии (проекция).

В данном исследовании отношение объема пассажироперевозок к усредненному расстоянию

между основным городом района расположения аэропорта является показателем аттрактивности (привлекательности) рассматриваемого объекта воздушного сообщения [2]. Результаты расчета приведены в таблице 2.

Таблица 2.

Результаты расчета транспортной доступности аэропортов и систем «аэропорт - город»

Аэропорт Параметры системы	1. Чанги	2. Ханэда	3. Инчхон	4. Мюнхен	5. Гонконг	6. Хамад	7. Тюбу	8. Цюрих	9. Хитроу	10. Франкфурт
Аттрактивность аэропорта	2,28	3,46	0,61	1,02	1,57	1,42	0,24	2,34	2,93	4,99
Потенциальная доступность системы – $A(P)$	2,53	4,19	0,65	1,06	1,78	1,48	0,3	2,38	3,28	5,0
Отклонение от прямолинейного маршрута, км	2,2	3	10,8	7,9	10,8	3,6	4,2	2,1	3,8	2,4
Процент отклонения, %	12,1	20	22,8	27,2	46,6	39,1	12,0	25,3	19,1	27,0

Выводы. Картографический анализ с применением современных ГИС технологий, а также обзор официальных интернет сайтов исследуемых аэропортов выявил наличие подвода линий ж/д транспорта ко всем аэропортам, получившим статус лучших в мире согласно рейтингу Skytrax 2017. К видам рельсового транспорта, обеспечивающих доступ пассажиров на территорию аэропортов относятся: легкорельсовый транспорт (LRT – Light Rail Transit), скоростной рельсовый транспорт (MRT – Mass Rapid Transit). К ЛРТ системам относятся системы трамвайного сообщения работающего в различных режимах; СРТ – наземный и подземный метрополитен, электричка. Линии метрополитена связывают либо будут

связывать аэропорт с центральными районами в таких городах как Сингапур, Лондон, Доха. Скорость движения составов 22,7–28,7 км/ч. Трамвайное сообщение организовано между аэропортом Цюриха и главным вокзалом города. Из рассматриваемых в данной работе способов мобильности трамвай является наименее скоростным видом – средняя скорость движения составляет всего лишь 18,5 км/ч. Наиболее распространенным и самым быстрым видом рельсового транспорта является электричка работающая в различных режимах (аэропорт Ханеда, Инчхон, Мюнхен, Гонконг, Тюбу, Цюрих, Хитроу и Франкфурт) – скоростном (без остановок) либо обычном (с остановками). Скорость движения составов исследуемых систем от 36,7 до 93,2 км/ч. Помимо связи с региональными линиями сообщения, транспортная инфраструктура аэропортов Инчхон и Франкфурт также включает в себя станции междугородней сети рельсового сообщения. К аэропортам Мюнхена, Дохи, Цюриха, Лондона и Франкфурта проложены велосипедные маршруты; в отношении остальных пяти аэропортов наличие велодорожек не выявлено. В тройку наиболее загруженных по объему пассажироперевозок из исследуемых аэропортов вошли токийский, лондонский и франкфуртский аэропорты; наименее загруженным аэропортом является аэропорт Тюбу. Согласно измерениям, проведенным с помощью системы автоматизированного проектирования, наиболее удаленным от основного ж/д узла города является аэропорт Инчхон (58,1 км по ж/д и 47,3 км по

прямой линии), а наиболее близким городскому вокзалу – аэропорт Цюриха (10 км по ж/д и 8,3 по прямой линии). Вышеперечисленные аэропорты также соответствуют экстремумам времени доступности от ж/д вокзалов городов.

Результаты расчета транспортной доступности аэропортов показали высокий потенциал франкфуртского аэропорта (4,99). Наименьшим транспортным потенциалом (аттрактивностью) обладает аэропорт Тюбу (0,24). Аттрактивность аэропортов коррелирует с потенциальной доступностью систем «аэропорт – город».

Ж/д линия «Аэропорт Гонконг – станция метрополитена Гонконг» наиболее отклонена от прямолинейного маршрута (46,6 %), что связано географическим расположением аэропорта; наименьшим отклонением обладает маршрут «Аэропорт Тюбу (Centair) – ж/д станция в г. Нагоя» (12 %).

Оптимальность конфигурации маршрута не связана с показателями аттрактивности систем, т.е. системы с высоким транспортным потенциалом могут обладать малой оптимальностью конфигурации, и наоборот.

Список литературы:

1. The world's top 100 airports: listed, ranked and mapped // The Guardian: сайт компании Guardian News and Media Limited – [Электронный ресурс] – URL: <https://www.theguardian.com/news/datablog/2012/may/04/world-top-100-airports> (дата доступа: 25.06.2017).
2. Jean-Paul Rodrigue. The geography of transport systems. Fourth edition. New York: Routledge, 2017. 440 p.