

УДК 656.078:711.4(597-25)

## ПЕРСПЕКТИВЫ ФОРМИРОВАНИЯ ТРАНСПОРТНО-ПЕРЕСАДОЧНЫХ УЗЛОВ НА ОСНОВЕ АВТОВОКЗАЛОВ Г. ХАНОЙ

**Хо Тху Фьонг, Щербина Е.В.**

*ФГБОУ ВО «Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет», Москва, e-mail: hvphuonglu@gmail.com*

Развитие города Ханой приводит к увеличению пассажиропотоков, в то время как основным видом общественного транспорта в настоящее время том является автобус. Приведены данные обследования пяти основных автовокзалов города, на которых осуществляются основные виды пересадок. Обосновано, что автовокзалы г. Ханой создают хорошую основу для формирования транспортно-пересадочных узлов, что связано с увеличением пассажиропотока. Вероятностный анализ изменения структуры пересадок, связанного с вводом метрополитена, позволяет установить максимальный пассажиропоток в ТПУ, организованных на основе автовокзалов, и дать рекомендации по планировочной организации и реконструкции. Полученные данные прогноза пассажиропотоков на пяти автовокзалах указывают на исчерпание пропускной способности наземного пассажирского транспорта и необходимости ввода метрополитена. Проектирование ТПУ должно осуществляться с учетом прогнозируемого увеличения пассажиропотоков. Предложенная логистическая модель пассажиропотоков и структуры пересадок на основе данных натуральных наблюдений с 2008 по 2015 гг. позволяет проводить уточнения по мере получения новых данных, а также учитывать экономические изменения.

**Ключевые слова:** транспортно-пересадочные узлы, автовокзал, транспортная система, скоростной внеуличный транспорт, пассажиропоток, структура пересадок, статистическая модель, логистическая кривая

## PERSPECTIVES FOR THE FORMATION OF TRANSPORTATION HUBS ON THE BASIS OF BUS STATIONS IN HANOI

**Ho Thu Phuong, Scherbina E.V.**

*National research university «Moscow State University of Civil Engineering», Moscow, e-mail: hvphuonglu@gmail.com*

The development of Hanoi leads to an increase in commuters, while the main means of public transport is still the bus. Survey data of the five main bus stations within the city, on which the main means of interchanges are carried out, it's justified that Hanoi bus stations create a good basic for the formation of transportation hub and that is associated with an increase in commuters. Probabilistic analysis of changes in the structure of interchanges associated with the entry of the subway allows to establish the maximum passenger traffic in the transportation hub, organized on the basis of bus stations, and gives recommendations for planning organization and reconstruction. The obtained data of the forecast of passenger traffic at five bus stations indicates the exhaustion of the capacity of ground passenger transport, and the need to enter the subway. The design of the transportation hub should be carried out taking into account the projected increase in commuters. The proposed logistic model of passenger traffic and the structure of interchanges based on the data from observations from 2008 to 2015 allows for refinement as new data is received.

**Keywords:** transportation hub, bus station, transport system, UMRT, commuters, structure of interchanges, logistic model

Увеличение численности населения г. Ханой, повышение уровня подвижности жителей, развитие автомобильного, мотоциклетного и велосипедного транспорта стало причиной недостаточной пропускной способности городских дорог, снижения скорости передвижения, возникновения дорожных заторов, что приводит к снижению качества жизни населения. Это противоречит концепции устойчивого развития, одним из направлений которой служит создание эффективной транспортной системы, которая существенным образом влияет на экономическую, социальную, экологическую составляющие города [1, 2]. Транспортная система и сопутствующая инфраструктура обеспечивают связность и целостность территории города, безопасность граждан,

способствуют укреплению и расширению торговых связей, привлечению инвестиций, создают комфортные условия для перемещения и проживания населения.

Важное место в городской транспортной системе занимают транспортно-пересадочные узлы (ТПУ), в которых осуществляется взаимодействие различных видов транспорта и пересадка пассажиров. На территории ТПУ оказываются сопутствующие услуги, например размещаются объекты торгового обслуживания, общественно-питания, перехватывающие парковки [3, 4]. Эффективность ТПУ в системе городского пассажирского транспорта зависит от многих факторов, в том числе от структуры осуществляемых пересадок, сложившейся в результате планировочного развития тер-

ритории. Столица Вьетнама г. Ханой имеет свои особенности в части формирования пассажирского транспорта, которые определены историческими условиями развития. Как показали выполненные исследования, отличительной особенностью городского транспорта г. Ханой является наличие большой доли немоторизованного транспорта, достигающей 14,95% (рис. 1) [5].

В настоящее время основным видом общественного транспорта города служат городские и пригородные автобусы. Связь между внешним и внутренним транспортом осуществляется посредством пересадок на автовокзалах, расположенных в черте города, и характеризуется пятью видами пересадок. Сеть улиц и дорог города Ханой характеризуется радиальными и кольцевыми линиями, подобно всем крупным городам, например, таким как Москва [6, 7]. Программа развития общественного транспорта Ханоя предполагает строительство метрополитена, который должен разгрузить наземный общественный транспорт и сократить время доступности центров тяготения населения. В этой связи определение перспективы развития ТПУ на основе существующих автовокзалов представляет актуальную задачу, имеющую научную и практическую значимость.

В настоящее время связь между внешним и городским транспортом осуществляется на пяти главных автовокзалах (Жап Бат, Мй Динь, Йен Нгья, Ньюк Нгам, Жа

Лам). Установлено, что размещение автовокзалов в планировочной структуре города неравномерное и концентрируется в его центральной части, что обусловлено отсутствием скоростного городского транспорта. По данным обследования, приведенного автором [8] для продолжения поездки от автовокзала и для прибытия на автовокзал пассажиры используют все виды пассажирского общественного и личного транспорта.

Структура пересадок характеризуется пятью видами пересадок как для направления «от вокзала», так и «к вокзалу». Преобладающим видом пересадок на автовокзалах, в направлениях «от вокзала» и «к вокзалу» является пересадка между городскими и пригородными автобусами, которая составляет 42,6% и 33,4% соответственно. Доля использования индивидуального транспорта составляет около 5% для передвижений «от вокзала» и возрастает до 24% для передвижений «к вокзалу». Выявлена зависимость предпочтений выбора видов транспорта и соответственно пересадок от длины маршрута в обоих направлениях. В направлении «к вокзалу» отмечается увеличение количества пересадок с индивидуального личного транспорта и такси на автобус. Другие пересадки (пешком) изменяются в пределах от 1,9% до 3,4% и зависят от состава населения, зоны влияния автовокзала и количества мест приложения труда в ней. Схема взаимодействующих систем на автовокзале представлена на рис. 2.



Рис. 1. Структура транспортного сообщения г. Ханой

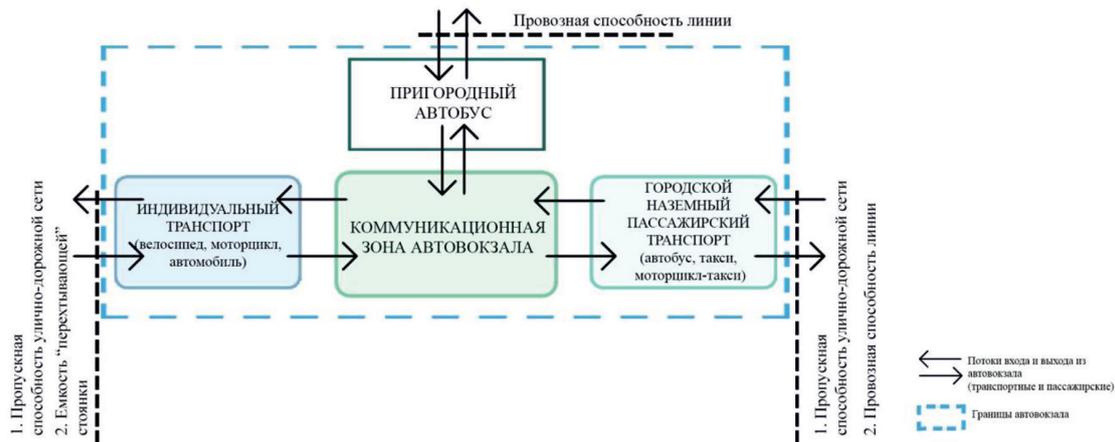


Рис. 2. Сводные показатели по системам, взаимодействующим в автовокзале

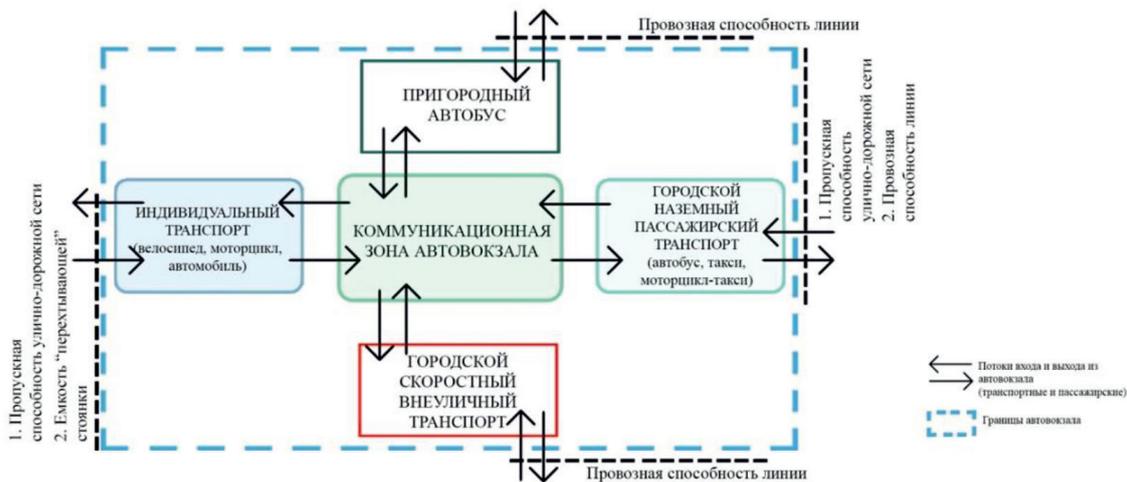


Рис. 3. Сводные показатели по всем системам, взаимодействующим в ТПУ с участием автовокзала (перспектива г. Ханой, 2030 г.)

Введение скоростного внеуличного транспорта (СВТ) и новых станций метрополитена в непосредственной близости от рассмотренных нами междугородних автовокзалов создаст предпосылки для организации ТПУ и существенно изменит структуру пересадок, которая представлена на схеме на рис. 3.

Для составления прогноза изменения структуры пересадок нами принята статистическая модель логистической регрессии, которая используется для предсказания вероятности возникновения некоторого события согласно данным логистической кривой. Этот подход широко применяется в решении транспортных задач [9, 10]. Построение логистической кривой выполнено на основе обобщения и аппроксимации собранных статистических данных о годовых

пассажиропотоках в «час-пик» с 2008 по 2015 гг. пяти автовокзалов, и дан на 2020 и 2030 гг.

Максимальное количество пассажиров в час пик, прибывающих на автовокзал, определяется формулой

$$P_n = P_i(1 + \alpha)^{n-i}, \quad (1)$$

где  $P_n$  – количество пассажиров в «n»-ный год конца прогнозируемого периода, чел.;  $P_i$  – количество пассажиров в «i»-ный год прогнозируемого периода, чел.;  $(n - i)$  – количество лет прогнозируемого периода;

$\alpha$  – среднегодовой темп прироста пассажиров. Среднегодовой темп прироста пассажиров ( $\alpha$ ) можно определить по формуле

$$\alpha = \sqrt[n-i]{\frac{P_n}{P_i}} - 1. \quad (2)$$

Таблица 1

Пассажиропоток в час пик автовокзалов с 2008 по 2015 годы и прогноз до 2030 г.

Вокзал \ Год	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2020	2030
Йен Нгья	1603	1715	1835	1982	2160	2376	2614	2875	4363	10048
Мй Динь	4285	4316	4351	4695	5090	5548	6058	6664	9983	22407
Жа Лам	1819	1946	2082	2269	2464	2696	2965	3262	5012	11833
Жап Бат	2735	2926	3130	3382	3686	4055	4460	4906	7493	17481
Ньюк Нгам	556	594	636	687	748	823	905	996	1510	3471

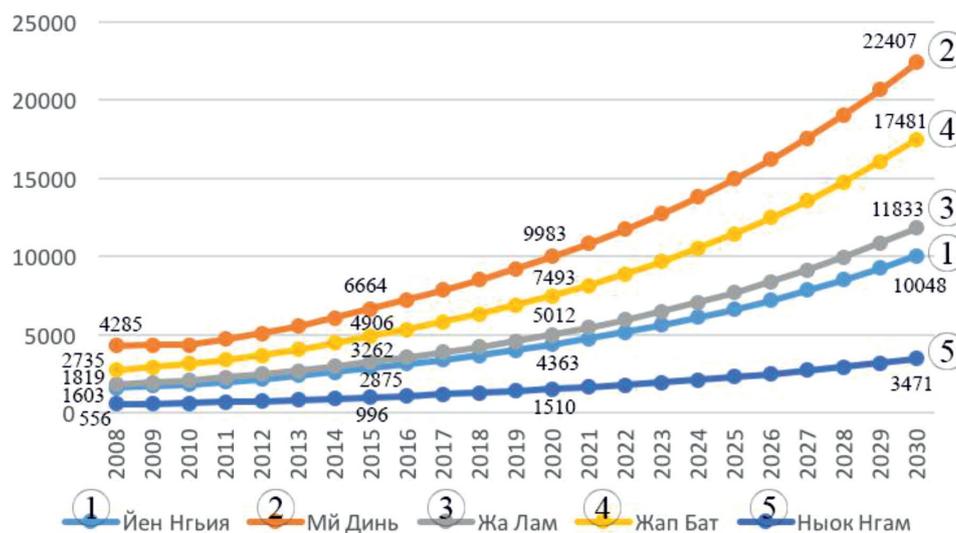


Рис. 4. Логистическая кривая пассажиропотоков в час пик автовокзалов г. Ханой

В результате расчетов получено, что среднегодовой темп прироста пассажиров в час пик составит: автовокзал Йен Нгья  $\alpha^\circ = 8,7\%$ ; автовокзал Мй Динь  $\alpha^\circ = 8,42\%$ ; автовокзал Жа Лам  $\alpha^\circ = 8,97\%$ ; автовокзал Жап Бат  $\alpha^\circ = 8,84\%$ ; автовокзал Ньюк Нгам  $\alpha^\circ = 8,68\%$ . Это позволяет рассчитать прогнозные значения пассажиропотоков на пяти автовокзалах в час пик до 2020 г. и до 2030 г. (рис. 4). В табл. 1 приведены прогнозируемые пассажиропотоки в час пик на пяти автовокзалах.

Изменение структуры пересадок, вызванное планируемым вводом скоростного внеуличного транспорта г. Ханой, можно определить вероятностным методом с использованием логистической формулы (logit formulation) [11]. Тогда доля пассажиров, выбравших ту или иную пересадку, может быть рассчитана:

$$P_i = \frac{e^{U_i}}{\sum_k e^{U_k}}, \quad (3)$$

где  $P_i$  – вероятность пассажиров, выбравших  $i$ -ю пересадку;  $U_i$  – коэффициент пред-

почтения пересадки;  $k$  – количество видов пересадок.

Коэффициент предпочтения пересадки  $i$  может быть вычислен:

$$U_i = b_i * (I)_i + c_i * (O)_i + d_i * (C)_i, \quad (4)$$

где  $I_i$  – время поездки с использованием  $i$ -ой пересадки (in – vehicle travel time for mode  $i$ ), мин;  $O_i$  – время, затрачиваемое на  $i$ -ю пересадку (пешеходное движение, ожидание и т.п. – out of vehicle travel time: walking, waiting, transferring, etc... for mode  $i$ ), мин;  $C_i$  – путевые расходы для  $i$ -ой пересадки, руб.;  $b_i, c_i, d_i$  – постоянные коэффициенты  $i$ -ой, определяющиеся экспериментально. Согласно [11], могут быть приняты равными:  $b_i = -0,025$  (1/мин);  $c_i = -0,050$  (1/мин).

$$d_i = \frac{1,248 * b_i}{income * TVP}, \quad (5)$$

где  $income$  – средний доход домашнего хозяйства;  $TVP$  – коэффициент, учитывающий возможность передвижений в зависимости от среднего дохода населения, равный 0,25 1/мин.

**Таблица 2**

Прогнозируемые эксплуатационные условия пересадок (в радиусе 10 км от ТПУ)

Характеристики видов пересадок	Автобус	Такси	Мотоцикл-такси	Метрополитен
Расстояние (км)	10	10	10	10
Время, затрачиваемое на пересадку (мин)	18	15	20	6
Время, затрачиваемое пассажиром вне пересадки (мин)	15	0	0	5
Цена (руб./10 км)	2	30	20	2,5

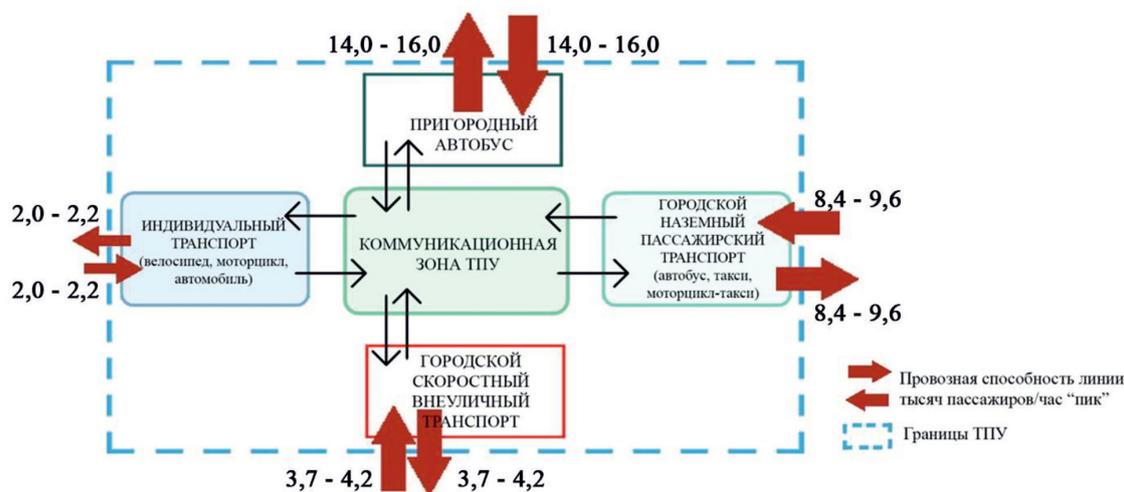


Рис. 5. Предельные значения пассажиропотока на входе – выходе из ТПУ

В решении этой задачи следует учитывать изменение стоимости поездки, вызванное использованием метрополитена, что имеет значение для 40,9% опрошенных во время анкетирования пассажиров. Для этого был проанализирован среднегодовой доход семей, который для жителей Ханоя в 2015 г. составил 234 000 рублей. На основе этих данных определены коэффициенты пересадок с участием метрополитена, автобусов, мотоциклов-такси и такси:  $U_{\text{метро}} = -0,116$ ,  $U_{\text{автобус}} = -0,546$ ,  $U_{\text{мотоцикл-такси}} = -0,061$  и  $U_{\text{такси}} = -0,053$ . В табл. 2 приведены прогнозируемые эксплуатационные условия пересадок. Тогда, по формуле (3) с использованием данных табл. 2 определим прогнозируемые доли пассажиров для видов общественного транспорта. На 2030 г. среднее количество пассажиров в час пик в автовокзалах составит 14–16 тыс. чел. Доля метрополитена составит 26,4%, что равно 3,7–4,2 тыс. чел. Доля других общественных средств (автобус, мотоцикл-такси, такси) составит 60%, что равно 8,4–9,6 тыс. чел. 13,6% (2,0–2,2 тыс. пассажиров) используют индивидуальный транспорт. Отсюда можно найти предельные значения пассажиропотока на входе –

выходе из ТПУ (на базе междугороднего автовокзала) (рис. 5).

Максимальный расчетный пассажирооборот узла (при условии, что в узел входят одна станция метрополитена и один автовокзал) составляет 30–35 тыс. пассажиров в «пиковый» час. Эти приведенные расчеты носят теоретический характер и при построении модели будут использованы в виде предельных показателей на входах в систему.

Главным преимуществом межрегиональных автобусов является возможность оперативной корректировки маршрутной сети и расписания движения в соответствии с потребностями пассажиров. Важную роль в обслуживании пассажиров межрегионального сообщения играют автовокзалы, которые, по сути дела, являются ТПУ, в которых происходит основное обслуживание пассажиров.

**Выводы**

Автовокзалы г. Ханой создают хорошую основу для формирования транспортно-пересадочных узлов, что связано с увеличением пассажиропотока.

Вероятностный анализ изменения структуры пересадок, связанный с вводом

метрополитена, позволяет установить максимальный пассажиропоток в ТПУ, организованных на основе автовокзалов, и дать рекомендации по планировочной организации и реконструкции.

Полученные данные прогноза пассажиропотоков на пяти автовокзалах указывают на исчерпание пропускной способности наземного пассажирского транспорта и необходимость ввода метрополитена. Проектирование ТПУ должно осуществляться с учетом прогнозируемого увеличения пассажиропотоков.

Предложенная логистическая модель изменения пассажиропотоков и структуры пересадок на основе данных натурных наблюдений с 2008 по 2015 гг. позволяет проводить уточнения по мере получения новых данных о количестве пассажиров, а также учитывать экономические изменения.

### Список литературы

1. Щербина Е.В., Данилина Н.В. Градостроительные аспекты проектирования устойчивой городской среды / Е.В. Щербина, Н.В. Данилина // Вестник Иркутского государственного технического университета. – 2014. – № 11. – С. 183–186.
2. Sherbina E.V., Danilina N.V., Vlasov D.N. City planning issues for sustainable development. *International Journal of Applied Engineering Research*. – 2015. – vol. 10, no. 22. – P. 43131–43138. URL: <http://www.ripublication.com/Volume/ijaerv10n22.htm> (accessed 09.09.2017).
3. Власов Д.Н. Транспортно-пересадочные узлы крупнейшего города (на примере Москвы): монография / Д.Н. Власов. – М.: Изд-во АСВ, 2009. – 96 с.
4. Власов Д.Н. Приоритетные направления развития системы транспортно-пересадочных узлов агломерации / Д.Н. Власов // *Academia*. Архитектура и строительство. – 2013. – № 3. – С. 86–89.
5. Планирование развития общественного транспорта города Ханой до 2030 г. и до 2050 г.: науч. тех. отчет, аналит. обзор, ноябр. 2012/ *Transport engineering design inc. TEDI*. отношений. – Х: Ханойская транспортная академия, 2012. – 634 с. (на вьетнамск. языке).
6. Хо Тху Фьонг. Развитие автобусного сообщения в г. Ханое / Строительство – Формирование среды жизнедеятельности // Сборник материалов – XIX Международной межвузовской научно-практической конференции студентов, магистрантов, аспирантов и молодых ученых (27–29 апреля 2016 г., Москва) [Электронный ресурс]. – Режим доступа: [http://mgsu.ru/resources/izdatelskaya-deyatelnost/izdaniya/izdaniya-otkr-dostupa/2016/stroy\\_form\\_2016.pdf](http://mgsu.ru/resources/izdatelskaya-deyatelnost/izdaniya/izdaniya-otkr-dostupa/2016/stroy_form_2016.pdf) (дата обращения: 05.09.2017).
7. Щербина Е.В., Хо Тху Фьонг. Оценка планировочного развития автовокзалов г. Ханой / Е.В. Щербина, Хо Тху Фьонг // *Научное обозрение*. – 2016. – № 9. – С. 17–21.
8. Щербина Е.В., Хо Тху Фьонг. Структура пересадок на автовокзалах г. Ханой / Е.В. Щербина, Хо Тху Фьонг // *Вестник ИрНТУ*. – 2017. – Т. 21, № 3 (122). – С. 204–211.
9. Просанов И.Ю. Математические модели в теории управления и исследование операций: учебное пособие. – Хабаровск: изд. ДВГУПС, 2009. – 214 с.
10. Стандарт Государственной компании «Автодор» СТО АВТОДОР Рекомендации по прогнозированию интенсивности дорожного движения на платных участках автомобильных дорог государственной компании «Автодор» и доходов от их эксплуатации. 2013 г. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://etp-avtodor.ru/seminars/701> (дата обращения: 29.08.2017).
11. National cooperative highway research program. NCHRP Report 365 Travel Estimation Techniques for Urban Planning. Transportation Research Board National Research Council, 1998. – 182 p.