

УДК 656.078.81/.87

ТЕОРЕТИКО-ИГРОВое МОДЕЛИРОВАНИЕ РЫНКА МЕЖДУГОРОДНЫХ ПАССАЖИРСКИХ ПЕРЕВОЗОК

Чистяков Александр Сергеевич, аспирант,
СГУПС, Россия, 630049, Новосибирск, ул. Дуси Ковальчук, 191, Himmel312@mail.ru

Аннотация. Рынок пассажирских транспортных услуг относится к сложным системам. Основные участники рынка (пассажиры, предприятия транспорта и государство) находятся в непрерывном взаимодействии при определенных социально-экономических условиях. Теоретико-игровое моделирование сложных систем представляет перспективное направление исследований и позволяет установить равновесные стратегии предприятий транспорта и государства. Стратегиями предприятий транспорта следует считать принимаемые решения по регулировке параметров способов передвижения. В свою очередь к стратегиям государства относятся решения по уровню дотаций видов транспорта.

В работе приведен порядок формирования модели рынка междугородных пассажирских перевозок. Модель рынка построена на основании логит-модели выбора пассажирами способа передвижения. Разработаны целевые функции предприятий транспорта. Произведено моделирование рынка для четырех вариантов условий конкурентного взаимодействия и представлены результаты. Условия взаимодействия определяются занимаемыми активными или пассивными позициями видами транспорта.

Ключевые слова: модель рынка, междугородные пассажирские перевозки, конкуренция, выбор способа передвижения, логит-модель.

MODELING THE INTERCITY PASSENGER TRANSPORTATION MARKET BASED ON GAME THEORY

Chistyakov Alexandr S., postgraduate,
STU, 191, st. Dusi Kovalchuk, Novosibirsk, 630049, Russia, Himmel312@mail.ru.

Abstract. The passenger transport services market is a complex system. The main market participants (passengers, transport companies and the government) are in continuous interaction under certain socio-economic conditions. Modeling complex systems based on game theory is a promising area of research, which allows to establish the equilibrium

strategies of transport companies and the government. The strategies of transport companies are the decisions made to adjust the transport modes parameters. Government strategies include decisions on the level of subsidies for transport modes.

The article describes the procedure for the development of the intercity passenger transportation market model. The market model is built on the basis of the travel mode choice logit model. Target functions of transport companies are presented. Market modeling for four variants of competitive interaction conditions is made and the results are presented. The interaction conditions are determined by active or passive positions of transport companies.

Key words: market model, intercity passenger transportation, competition, travel mode choice, logit-model.

Введение

Пассажиры, предприятия транспорта и государство находятся в непрерывном взаимодействии на рынке перевозок. Для изучения рыночных механизмов необходимо не только формировать модели отдельно взятых предприятий транспорта при условии статичности поведения остальных участников, но и проводить моделирование рынка междугородных пассажирских перевозок в целом. Моделирование рынка позволяет глубже раскрыть закономерности происходящих конкурентных процессов.

Современный этап развития общества характеризуется ростом и развитием городов. Вместе с увеличением масштабов города растет и транспортная сеть. Поэтому вопросы градостроительства и транспортных потоков тесно переплетены между собой. В исследовании [1] произведен анализ конкуренции на рынке городских пассажирских перевозок. Отмечено отрицательное влияние конкурентной среды на доходы каждого перевозчика в отдельности. Предложены решения по регулированию рынка городского пассажирского транспорта.

В работе [2] описаны проблемы и перспективы развития рынка пригородных железнодорожных перевозок. Подчеркнута сложность формирования тарифной политики. Предложено оценивать развитие рынка пригородных перевозок комплексно, учитывая интересы всех его

участников и регуляторов, на основании категории рыночной результативности, в соответствии с которой предполагается разумная стабильность цен и отсутствие сверхприбыли предприятий транспорта. При этом в исследовании [3] отмечено отсутствие научно обоснованной модели построения пассажирских тарифов в зависимости от размера дотаций и субсидий на государственную поддержку пассажирского транспорта и платежеспособного спроса населения.

Для качественного планирования и функционирования транспортной системы необходимо определять размеры пассажирских потоков. В работе [4] представлена методика определения емкости регионального рынка пассажирских транспортных услуг.

Подробный анализ сложившейся ситуации в междугородных пассажирских перевозках и тенденций ее развития представлен в исследовании [5]. Отмечено, что одной из важнейших задач ОАО «РЖД» является стабилизация доли железнодорожного транспорта на растущем рынке пассажирских перевозок. Предлагается реализовать комплекс мер, направленных на увеличение скоростей движения пассажирских поездов, оптимизацию маршрутной сети в соответствии со спросом, обновление подвижного состава и повышение привлекательности вокзальной среды. В дополнение автор исследования [6] отмечает необходимость развития мультимодальных пассажирских перевозок как основного фактора роста емкости рынка железнодорожных транспортных услуг.

В работе [7] обозначена необходимость формирования модели пассажиропотока, учитывающей колебания спроса и платежеспособности населения. Модель позволяет выполнять исследования спроса при вводе в эксплуатацию высокоскоростных железнодорожных магистралей.

Модель рынка междугородных пассажирских перевозок.

Междугородное сообщение преимущественно осуществляют следующие виды транспорта: автомобильный, железнодорожный и

воздушный. Автомобильный транспорт подразделяется на автобусы междугородного сообщения, маршрутные такси в пределах городских агломераций, персональный легковой автомобильный транспорт, междугородные такси, а также автомобильный транспорт, нанимаемый посредством цифровых сервисов подбора пассажиров (ЦСПП), например, при помощи сервиса BlaBlaCar.

Теоретико-игровой подход в моделировании рынка междугородных пассажирских перевозок представляет перспективное направление исследований, которое предполагает описание возможных стратегий участников рынка [8, 9]. Целью подхода является выработка рекомендаций по рациональному поведению предприятий транспорта в разнообразно складывающихся условиях на рынке пассажирских транспортных услуг.

Процесс разработки модели рынка можно разбить на несколько этапов, продемонстрированных на рисунке 1.



Рис. 1. Этапы разработки модели рынка междугородных пассажирских перевозок

В работе модель рынка построена на основании логит-модели выбора пассажирами способа передвижения [10], учитывающей пять параметров способов передвижения, которыми могут управлять

предприятия пассажирского транспорта: время в пути, интенсивность отправок (удобство расписания), стоимость проезда, уровни безопасности и комфорта. Однако в краткосрочном периоде и без существенных инвестиций предприятия транспорта не могут значительно уменьшить время в пути, так как для этого требуется развитие инфраструктуры. Повышение уровней безопасности и комфорта также связаны с инвестициями в технические средства безопасности и подвижной состав, что не может быть реализовано в короткие сроки. Таким образом, предприятия пассажирского транспорта в рассматриваемой модели рынка могут управлять только интенсивностью отправок в сутки и стоимостью проезда.

Необходимо отметить, что способ передвижения личным автомобилем не является отдельным предприятием транспорта, т.е. личный автотранспорт принимает пассивное участие на рынке междугородных пассажирских перевозок. Это подтверждается тем, что личный автотранспорт не может самостоятельно изменить ни интенсивность отправок в сутки, ни общие расходы на совершение автомобилем одной поездки.

Целевая функция предприятий транспорта

Для того чтобы провести моделирование спроса на рынке междугородных пассажирских перевозок следует определить целевые функции для каждого вида транспорта. Предполагается, что предприятия транспорта могут придерживаться двух целей: максимизация прибыли и максимизация рынка при условии безубыточности. В работе рассмотрены ситуации на рынке, когда предприятия пассажирского транспорта стремятся максимизировать прибыль. Следовательно, целевая функция для i -го вида транспорта при условии максимизации прибыли принимает вид:

$$Pr_i = Q_o \cdot \sum_{j=1}^M P_{ij} \cdot C_i - d \cdot \mu_i \cdot R_i \rightarrow \max_{C_i, \mu_i},$$

где Pr_i – прибыль i -го предприятия пассажирского транспорта, руб./мес.;

Q_o – количество перевезенных пассажиров всеми видами транспорта на рассматриваемом направлении, пасс./мес.;

P_{ij} – вероятность выбора j -м пассажиром i -го способа передвижения;

M – количество пассажиров, совершающих поездки i -м способом передвижения, пасс.;

C_i – стоимости проезда i -м видом транспорта, руб.;

d – среднее число дней в календарном месяце, сут.;

μ_i – количества отправок i -го вида транспорта на рассматриваемом направлении, рейс/сут.;

R_i – расходы i -го предприятия пассажирского транспорта на совершение одной поездки, руб./рейс;

Постановка задач и результаты моделирования рынка

Параметры видов транспорта, обеспечивающих перемещение пассажиров на направлении Новосибирск-Кемерово, по состоянию на март 2021 года представлены в таблице 1.

Таблица 1

Параметры видов транспорта

Виды транспорта	Время в пути, ч.	Интенсивность отправок, рейс/сут.	Стоимость проезда, руб.
Поезд	4,47	1	1013
Автобус	4,50	15	900
Автомобили ЦСПП	3,92	20,5	570

В работе произведено моделирование рынка междугородных пассажирских перевозок на направлении Новосибирск-Кемерово для четырех случаев:

- 1) активным участником рынка является только железнодорожный транспорт

$$\begin{cases} Pr_1(P_{ij}, C_1, \mu_1) \rightarrow \max_{C_1, \mu_1} \\ P_{ij} = f_{ij}(C_1, \mu_1) \end{cases}$$

Для максимизации прибыли железнодорожному транспорту необходимо совершать одно отправление в сутки (составом из пяти вагонов) при стоимости билетов 660 руб. В таблице 2 представлено изменение месячных пассажиропотоков после снижения стоимости проезда на железнодорожном транспорте.

Таблица 2

Изменение пассажиропотоков по видам транспорта при активных действиях только железнодорожного транспорта

Вид транспорта	Пассажиропотоки до изменений, пасс./месяц	Пассажиропотоки после изменений, пасс./месяц	Изменение пассажиропотока, пасс./месяц
Поезд	771	9185	+8414
Автобус	7615	1343	-6272
Автомобили ЦСПП	1400	133	-1267
Личный автомобиль	1097	222	-875

2) активным участником рынка являются только автобусы

$$\begin{cases} Pr_2(P_{ij}, C_2, \mu_2) \rightarrow \max_{C_2, \mu_2} \\ P_{ij} = f_{ij}(C_2, \mu_2) \end{cases}$$

Определено, что для максимизации прибыли автотранспортного предприятия необходимо совершать 17 отправлений в сутки при стоимости билетов 869 руб. В таблице 3 представлено изменение месячных пассажиропотоков по видам транспорта после снижения стоимости проезда и увеличения числа отправлений автобусов.

Таблица 3

Изменение пассажиропотоков по видам транспорта при активных действиях только автотранспортного предприятия

Вид транспорта	Пассажиропотоки до изменений, пасс./месяц	Пассажиропотоки после изменений, пасс./месяц	Изменение пассажиропотока, пасс./месяц
Поезд	771	548	-223
Автобус	7615	8652	+1037
Автомобили ЦСПП	1400	919	-481
Личный автомобиль	1097	764	-333

3) активными участниками рынка являются железнодорожный транспорт и автобусы

$$\begin{cases} Pr_1(P_{ij}, C_1, \mu_1) \rightarrow \max_{C_1, \mu_1} \\ Pr_2(P_{ij}, C_2, \mu_2) \rightarrow \max_{C_2, \mu_2} \\ P_{ij} = f_{ij}(C_1, C_2, \mu_1, \mu_2) \end{cases}$$

В реальных рыночных условиях ни одна транспортная компания не может изменять свои параметры в одностороннем порядке, т.е. на каждое действие отдельно взятого предприятия реагируют фирмы-конкуренты.

Моделированием было доказано, что существуют такие значения количества отправок в сутки и стоимости проезда для железнодорожного транспорта и автобусов, любое отклонение от которых создает условие для перераспределения пассажиропотока в пользу активно действующего конкурента и, как следствие, снижает прибыль рассматриваемого предприятия.

Описанная точка равновесия на рынке может быть достигнута, если железнодорожный транспорт будет совершать 1 отправление в сутки при стоимости билетов 463 руб. При этом в состав поезда должно быть включено пять вагонов. Одновременно автотранспортному предприятию следует организовать четыре отправления в сутки при стоимости проезда 568 руб. В таблице 4 представлено изменение месячных пассажиропотоков по видам транспорта соответствующее точке равновесия на рынке междугородных пассажирских перевозок.

Таблица 4

Изменение пассажиропотоков по видам транспорта при активных действиях только железнодорожного транспорта и автобусов

Вид транспорта	Пассажиропотоки до изменений, пасс./месяц	Пассажиропотоки после изменений, пасс./месяц	Изменение пассажиропотока, пасс./месяц
Поезд	771	8777	+8006
Автобус	7615	2039	-5576
Автомобили ЦСПП	1400	15	-1385
Личный автомобиль	1097	52	-1045

На основании представленных в таблице 4 данных можно сделать вывод, что пассажиры в сложившихся условиях предпочтут передвигаться железнодорожным транспортом и автобусами. Поездки на личном автомобиле и автомобилями ЦСПП оказываются сведены к минимуму. Наблюдаемое перераспределение пассажиропотока можно объяснить существенным снижением стоимости проезда. На железнодорожном транспорте цена билета уменьшится на 550 руб. или на 54,3%. В свою очередь цена билета на автобус уменьшится на 332 руб. или на 36,9%. Одним из главных аргументов людей, делающих свой выбор в пользу личного автотранспорта, является необходимость обеспечения собственной мобильности в пределах города назначения. Однако при обозначенном уровне снижения стоимости проезда пассажиры смогут использовать сэкономленные денежные средства для последующего перемещения по месту прибытия.

4) активными участниками рынка являются железнодорожный транспорт, автобусы и автомобили ЦСПП.

$$\begin{cases} Pr_1(P_{ij}, C_1, \mu_1) \rightarrow \max_{C_1, \mu_1} \\ Pr_2(P_{ij}, C_2, \mu_2) \rightarrow \max_{C_2, \mu_2} \\ Pr_3(P_{ij}, C_3, \mu_3) \rightarrow \max_{C_3, \mu_3} \\ P_{ij} = f_{ij}(C_1, C_2, C_3, \mu_1, \mu_2, \mu_3) \end{cases}$$

В основу модели было положено ограничение, в соответствии с которым интенсивность автомобилей ЦСПП не может оказаться больше исходного значения при уменьшении стоимости проезда.

В таблице 5 представлено изменение месячных пассажиропотоков по видам транспорта соответствующее точке равновесия на рынке междугородных пассажирских перевозок.

Таблица 5

Изменение пассажиропотоков по видам транспорта при активных действиях железнодорожного транспорта, автобусов и автомобилей ЦСПП

Вид транспорта	Пассажиропотоки до изменений, пасс./месяц	Пассажиропотоки после изменений, пасс./месяц	Изменение пассажиропотока, пасс./месяц
Поезд	771	8954	+8183
Автобус	7615	486	-7129
Автомобили ЦСПП	1400	1393	-7
Личный автомобиль	1097	50	-1047

Достигнутая точка равновесия предполагает, что железнодорожный транспорт будет совершать одно отправление в сутки при стоимости билетов 422 руб. При этом в состав поезда должно быть включено пять вагонов. Одновременно автотранспортному предприятию следует организовать 4 отправления в сутки при стоимости проезда 564 руб. Стоимость проезда автомобилями ЦСПП станет равной 157 руб.

Определено, что автотранспортное предприятие вынуждено снизить количество отправок до одного в сутки и стоимость проезда до 564 руб. Причиной этого является уменьшение стоимости проезда железнодорожным транспортом до 422 руб. и автомобилями ЦСПП до 157 руб. при неизменной интенсивности отправок. Для железнодорожного транспорта это можно объяснить государственными дотациями. Однако сложно представить, что то же самое количество водителей, которые берут попутчиков, будет продолжать заниматься перевозкой пассажиров при стоимости проезда на уровне 157 руб. Вероятнее всего, что при снижении стоимости проезда снизится и количество таких водителей, предоставляющих свои транспортные услуги. Можно сказать, что автомобили ЦСПП не является самостоятельным предприятием транспорта, а скорее конкурентный рынок большого числа водителей, зависящий от более крупного рынка междугородных пассажирских перевозок. Изучение зависимости количества водителей, которые берут

попутчиков, от стоимости проезда представляет большой интерес, но лежит за пределами данной работы. Следовательно, в разработанной модели рынка недостаточно данных для моделирования активных действий железнодорожного транспорта, автотранспортного предприятия и автомобилей ЦСПП.

Выводы

При помощи теоретико-игрового моделирования рынка установлены равновесные стратегии видов транспорта для различных условий конкурентного взаимодействия. Доказано существование равновесия Нэша на рынке междугородных пассажирских перевозок. Отмечен высокий потенциал перераспределения существующего пассажиропотока на железнодорожный транспорт при условии снижения стоимости проезда.

Список литературы

1. Кажаяев, А.А. Конкуренция на рынке городских пассажирских перевозок в городах Челябинской области / А.А. Кажаяев, О.Н. Ларин // Современные проблемы транспортного комплекса России. – 2012. – Т. 2. – № 1. – С. 176-184.
2. Дементьев, А.П. Проблемы взаимодействия участников регионального рынка пригородных пассажирских перевозок / А.П. Дементьев, О.С. Иванов, Ю.М. Буинцева // Вопросы новой экономики. – 2019. – № 1(49). – С. 80-87.
3. Абрамов, А.А. Анализ методов тарифного ценообразования на рынке пассажирских перевозок / А.А. Абрамов, М.В. Воробьева // Перспективы науки. – 2009. – № 2(2). – С. 64-73.
4. Чумаков, В.Б. Методика определения емкости регионального рынка транспортных услуг пассажирских перевозок / В.Б. Чумаков // Вестник Северо-Кавказского государственного технического университета. – 2005. – № 4. – С. 46-56.
5. Проскурякова, Е.А. Развитие рынка пассажирских перевозок / Е.А. Проскурякова // Экономика железных дорог. – 2015. – № 7. – С. 92-98.
6. Гуц, А.В. Рынок пассажирских перевозок: пути организации мультимодальных перевозок / А.В. Гуц, О.Н. Дунаев // Транспорт Российской Федерации. – 2019. – № 1(80). – С. 23-27.
7. Гонзалез-Лучинин, Г. Прогнозирование объемов пассажиропотока на основе индикаторов развития рынка пассажирских высокоскоростных перевозок / Г. Гонзалез-Лучинин // Наука и техника транспорта. – 2016. – № 1. – С. 53-58.

8. Mancuso P. An analysis of the competition that impinges on the Milan–Rome intercity passenger transport link // *Transport Policy*. 2014. T. 32. С. 42-52. ISSN: 0967-070X.
9. Román C., Espino R., Martin J.C. Competition of high-speed train with air transport: The case of Madrid–Barcelona // *Journal of Air Transport Management*. 2007. T. 13. №. 5. С. 277-284. ISSN: 0969-6997.
10. Корягин, М. Е. Определение параметров основных факторов логит-функции, влияющих на вероятность выбора пассажиром способа передвижения / М.Е. Корягин, А.С. Чистяков // *Транспорт: наука, образование, производство: сборник научных трудов*. – Ростов-на-Дону: Ростовский государственный университет путей сообщения, 2019. – С. 157-160.

References

1. Kazhaev A.A., Larin O.N. *Sovremennye problemy transportnogo kompleksa Rossii*, 2012, vol. 2, no. 1, pp. 176-184.
2. Dement'ev A.P., Ivanov O.S., Buinceva YU.M. *Voprosy novoj ekonomiki*, 2019, no. 1(49), pp. 80-87.
3. Abramov A.A. Vorob'eva M.V. *Perspektivy nauki*, 2009, no. 2(2), pp. 64-73.
4. Chumakov V.B. *Vestnik Severo-Kavkazskogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta*, 2005, no. 4, pp. 46-56.
5. Proskuryakova E.A. *Ekonomika zheleznih dorog*, 2015, no. 7, pp. 92-98.
6. Guc A.V. Dunaev O.N. *Transport Rossijskoj Federacii*, 2019, no. 1(80), pp. 23-27.
7. Gonzalez-Luchinin G. *Nauka i tekhnika transporta*, 2016, no. 1, pp. 53-58.
8. Mancuso P. An analysis of the competition that impinges on the Milan–Rome intercity passenger transport link // *Transport Policy*. 2014. T. 32. P. 42-52. ISSN: 0967-070X.
9. Román C., Espino R., Martin J.C. Competition of high-speed train with air transport: The case of Madrid–Barcelona // *Journal of Air Transport Management*. 2007. T. 13. №. 5. P. 277-284. ISSN: 0969-6997.
10. Koryagin M.E. Chistyakov A.S. *Transport: nauka, obrazovanie, proizvodstvo :sbornik nauchnyh trudov*, Rostov-na-Donu, Rostovskij gosudarstvennyj universitet putej soobshcheniya, 2019, pp. 157-160.

Рецензент: А.А. Карасева, канд. техн. наук, доц., СГУПС