

АВТОМОБИЛЬНЫЙ ТРАНСПОРТ

УДК 656.072

М.Е.Корягин

ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ ОПТИМИЗАЦИИ УПРАВЛЕНИЯ ДВИЖЕНИЕМ ГОРОДСКОГО ТРАНСПОРТА

Важно отметить, что городской пассажирский транспорт имеет большое социально-экономическое значение. В России он является основным для передвижения населения, однако и в большинстве других стран его роль является существенной при обеспечении мобильности широких слоев населения [1, 17, 18, 19, 21, 34].

В упрощенном виде структура системы городского пассажирского транспорта может быть представлена в виде трех подсистем, влияющих на ее состояние. Это подсистемы "город", "население" и "транспортные предприятия" [12].

В данном исследовании в подсистему "город" включены такие элементы, как "промышленность", "обслуживание" и "жилой фонд", т.к. они, с одной стороны, влияют на параметры пассажиропотоков и маршрутную сеть, а с другой – транспортное обслуживание населения влияет на состояние этих подсистем. Основное требование подсистемы "город" к работе пассажирского транспорта – обеспечение бесперебойного обслуживания городского населения в перевозках.

Для подсистемы "население" эффективность функционирования транспортной системы состоит в качественном удовлетворении спроса на перевозки. Качество обслуживания пассажиров можно оценить с помощью таких показателей, как время передвижения, комфортность поездки, коэффициент наполнения, регулярность движения транспортных средств по маршрутам [3]. Повышение качества транспортного обслуживания положительно оказывается на конкурентоспособности АТП или частного предпринимателя на рынке транспортных услуг.

Подсистема "транспортные предприятия" включает организации, обеспечивающие пассажирские перевозки. Основная задача функционирования этой подсистемы – осуществление перевозочного процесса. Система управления ГПТ имеет иерархическую структуру [3, 12, 18, 20, 22].

Транспортные предприятия определяют потребности в перевозках на основе планировки города и режимов работы предприятий, организаций. Часть методов расчета пассажиропотоков учитывает возможность выбора способа передвижения [7, 9, 13, 23]. Координирующий орган с помощью анализа степени удовлетворения насе-

ния транспортным обслуживанием и степени оснащения транспортных предприятий ресурсом может изменять режим работы системы ГПТ. Качество перевозочного процесса зависит от того, насколько соответствуют подвижной состав и его интенсивность движения по маршруту конкретному пассажиропотоку.

Система городского пассажирского транспорта ориентирована на удовлетворение потребностей населения в перемещениях. Таким образом, ключевым участником ГПТ является пассажир, а общественный транспорт – социально-экономической системой.

Наличие активных агентов (транспортные операторы и пассажиры), приводит к тому что для оптимизации городского пассажирского транспорта необходимо применять теорию активных систем (ТАС) [2, 14].

Развитие теории управления в прошлом веке шло по различным направлениям. Теория игр [4, 16, 38, 39] сформировавшаяся в 40-х, стала основанием для развития ТАС, которая развивается с 60-х годов прошлого века.

Важным отличием «активных» систем от «пассивных» является наличие целевой функции и выбора у агентов. Очевидно, что такие стратегии и цели есть у транспортных операторов и пассажиров, что делает ТАС основой для разработки систем управления городским пассажирским транспортом. Однако в настоящее время практически нет применения теории игр и ТАС [35]. В [5, 26-29, 31, 32, 36, 37, 40] рассматриваются лишь частные случаи ценовой конкуренции двух транспортных операторов работающих на одном маршруте.

ГОРОДСКАЯ ТРАНСПОРТНАЯ СИСТЕМА

Большое социальное значение городского пассажирского транспорта говорит о необходимости исследований в области оптимизации его работы. Актуальным направлением является исследование и оптимизация рынка городских пассажирских перевозок в России. Требуется учесть интересы различных сторон, участвующих в процессе функционирования рынка: определить равновесную политику пассажиров, транспортных операторов и муниципальных органов власти, поэтому исследование должно быть основано на теории

активных систем.

Современная улично-дорожная сеть характеризуется значительным количеством маршрутов, проходящих по отдельным ее участкам. Развитленность маршрутной сети позволяет пассажиру осуществить выбор одного маршрута для передвижения из нескольких.

Разнородность маршрутного транспорта по стоимости проезда, скорости и интенсивности движения позволяет пассажиру осуществлять выбор маршрута передвижения исходя из экономической оценки своего времени. При этом пассажир сознательно или бессознательно принимает решение о способе передвижения, о посадке в тот или иной вид транспорта: учитывая наличие льгот, стоимость проезда, время ожидания другого вида транспорта, возможность передвижения с пересадкой, важность времени.

Т.к. система городского пассажирского транспорта включает в себя несколько подсистем, то необходимо построить математические модели, описывающие поведение каждой из них.

УЧАСТИКИ СИСТЕМЫ ГОРОДСКОГО ПАССАЖИРСКОГО ТРАНСПОРТА

В настоящее время в России недостаточно исследовано поведение главного участника системы общественного транспорта – пассажира. Однако переход к рыночной экономике говорит об обратном – общественный транспорт должен удовлетворять потребности пассажиров. Поэтому, в первую очередь, рассмотрим систему «Пассажиры».

Во-первых, определим варианты стратегий, которые может выбрать человек. Если есть потребность в перемещении, то сначала необходимо выбрать способ перемещения:

- – общественный транспорт;
- – личный автомобиль;
- – пеший способ перемещения.

Данная классификация условна и не включает такие редкие способы перемещения в российских городах, как велосипед, мопед, мотоцикл, речной и воздушный транспорт. Следует заметить, что желание переместиться может быть не реализовано, если нет эффективного способа передвижения.

Во-вторых, кроме выбора способа передвижения выбирается и его маршрут. На общественном транспорте перемещение является составным:

1. выбор остановочного пункта;
2. выбор варианта подхода к остановочному пункту;
3. выбор маршрута общественного транспорта;
4. выбор остановочного пункта высадки;
5. выбор варианта перехода от остановочного пункта до места назначения.

При перемещении может возникнуть необходимость в одной-двух и более пересадках, поэтому пункты 1-5 или 1-3, или 3-5 могут повторяться несколько раз.

Кроме того, часть пути может быть преодолена на личном автомобиле (до перехватывающей парковки), а часть – на общественном транспорте.

Таким образом, в целом описаны варианты стратегий пассажира. Теперь необходимо определить цели пассажира, на основании которых будет сделан тот или иной выбор. Конечно, трудно представить, что каждый человек проводит расчеты различных характеристик способов перемещения, строит модель и решает точным или приближенным методом задачу выбора способа передвижения.

Показатели, с которыми пассажир оценивает эффективность передвижения, являются:

- стоимость перемещения;
- потери времени на перемещение (отдельно можно выделить время ожидания, которое особенно тяжело воспринимается человеком);
- комфортность поездки;
- риски, связанные с перемещением (безопасность движения, превышение времени передвижения над ожидаемым значением).

Указанные параметры имеют разные размерности и даже обычно описываются не в количественных оценках, а в нечетких категориях.

Однако в зарубежной практике принято сводить разнородные критерии в один, выразив все показатели в денежной форме.

СИСТЕМА «ТРАНСПОРТ». ЦЕЛИ, СТРАТЕГИИ

Транспортные операторы могут иметь разные формы собственности, однако в настоящее время большинство транспортных предприятий являются в той или иной мере частными.

Для коммерческого предприятия главными характеристиками являются прибыль и рентабельность. Эти два понятия схожи, однако следует отметить, что возможности экспансии на рынке городских пассажирских перевозок ограничены. Главной причиной является интенсивность пассажиропотока. Этот показатель не может увеличиваться до бесконечности (скорее, снижается).

Поэтому в данной работе критерием оптимальности является прибыльность маршрута. Расходы оператора пропорциональны числу выполняемых рейсов, то есть рентабельность напрямую зависит от доходов, собранных за один рейс. Чем доход выше, тем рентабельность выше, и наоборот. С другой стороны, чем меньше количество выполняемых рейсов, тем выше наполняемость транспортного средства. Из этого следует вывод: чем меньше рейсов, тем выше рентабельность, поэтому решением задачи является снизить до предела количество рейсов.

С точки зрения прибыли решение не является таким очевидным. Увеличение количества рейсов ведет к дополнительным расходам, но в результате конкуренции маршруты привлечет дополнительных пассажиров, что может превысить понесенные затраты.

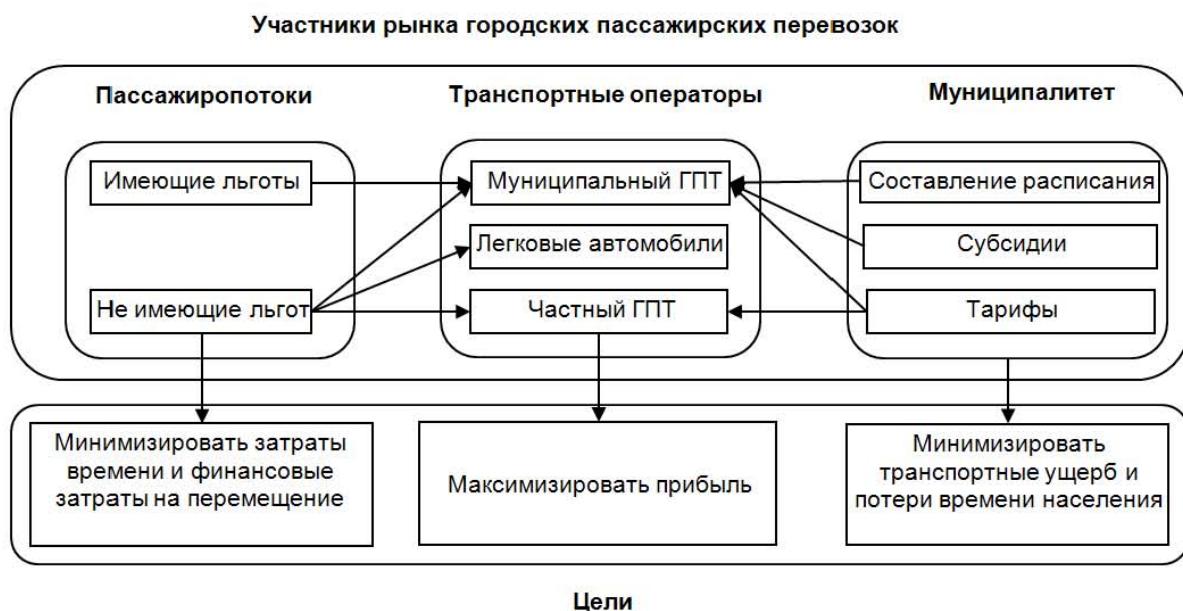


Рис. 1. Схема взаимодействия участников системы городского пассажирского транспорта

Множество стратегий же транспортных операторов зависит от правил работы на рынке ГПТ установленные муниципальными органами власти и обществом в целом. В первую очередь, стратегиями являются расписание движения, тариф и тип подвижного состава.

СИСТЕМА «ГОРОД». ЦЕЛИ, СТРАТЕГИИ

Система «Город» представима муниципалитетом. Муниципалитет должен отражать основные цели и задачи общества и проектировать их на общественный транспорт. На самом деле, несколько органов власти, муниципальных предприятий и общественных организаций могут определять и реализовывать городскую транспортную политику. Например, контроль над соблюдением условий лицензирования осуществляется органами Российской транспортной инспекции (РТИ) по взаимодействию с органами ГИБДД.

С другой стороны, влияние нижестоящего органа власти на вышестоящий незначительно. Это связано с двумя факторами: во-первых, наличием множества субъектов одного уровня, то есть один субъект федерации оказывается в ряду других субъектов и не может обязать федеральный центр принять во всей стране меры, выгодные только для одного города.

К тому же общественные организации в России слабо развиты. Поэтому более эффективно управлять общественным транспортом могут лишь администрации городов.

Цель муниципалитета – учесть суммарный эффект от работы транспортной системы для каждого жителя города. В первую очередь, это интересы пассажиров (время, комфортность перемещения и т.д.). Но также необходимо учитывать интересы транспортных операторов (обеспечить их рентабельное существование), ограниченные

возможности бюджета по строительству и поддержанию в рабочем состоянии транспортной инфраструктуры.

Экологические аспекты, связанные с эксплуатацией автотранспорта: загрязнение окружающей среды приводят к дополнительным расходам на медицину.

ПОСТАНОВКА ЗАДАЧИ ОПТИМИЗАЦИИ УПРАВЛЕНИЯ МНОГОАГЕНТНОЙ ТРАНСПОРТНОЙ СИСТЕМОЙ

Введем основные параметры, описывающие городскую транспортную систему. Во-первых, необходимо определиться с количеством участников системы городских пассажирских перевозок.

Очевидно, что сторону муниципалитета представляет один участник. На самом деле, несколько органов власти, муниципальных предприятий и общественных организаций могут определять и реализовывать городскую транспортную политику. Однако в этом случае должна быть принята программа развития пассажирского транспорта, работающего в интересах города.

N – количество пассажиропотоков;

x_i – стратегия пассажиропотока i ;

X_i – множество стратегий пассажиропотока i ;

y – стратегия муниципалитета;

Y – множество стратегий муниципалитета;

K – количество транспортных операторов;

z_k – стратегии транспортного оператора k ;

Z_k – множество стратегий транспортного оператора k ,

H_k – прибыль транспортного оператора;

G – потери пассажиропотока;

F – потери муниципального образования.

Очевидно, что все участники влияют друг на



Рис. 2. Классификация систем управления городским пассажирским транспортом

друга, поэтому функции прибыли и потерь зависят от всех параметров.

ПОСТАНОВКИ ЗАДАЧ УПРАВЛЕНИЯ СИСТЕМОЙ ГОРОДСКОГО ПАССАЖИРСКОГО ТРАНСПОРТА

Постановки задач могут содержать не все параметры [6, 8]. Это связано со структурой населения и способом управления транспортной системой. К тому же, чем больше параметров, тем дороже будут обходиться сбор информации и обработка информации.

В настоящее время принято использование трех моделей [11, 18] структуры управления городским пассажирским транспортом (рис.2Ошибка! Источник ссылки не найден.): минимальное регулирование – развитие модели свободного рынка (агенты-транспортные операторы); охватывающие весь город конкурентные тендера – регулируемая конкуренция (административная модель – агент-муниципалитет); часть маршрутной сети обслуживается муниципальным оператором, а некоторые услуги выполняются частными операторами (смешанная модель – мегаагент муниципалитет и агенты транспортные операторы).

Модель 1

Административная модель управления транспортной системой. В данном случае муниципалитет определяет, как должен работать общественный транспорт. Транспортные операторы являются лишь исполнителями, и не могут существенно влиять на перевозочный процесс. Население считается однородным, то есть принимает простые решения по перемещению, например, посадка в первое подошедшее транспортное средство, способное довезти его до места назначения.

Постановки задач подобного рода наиболее часто встречаются в литературе. К тому же такой способ организации работы транспорта нашел наибольшее распространение на практике.

Постановка задачи сводится к

$$F(y) \rightarrow \min_{y \in Y}$$

Модель 2

При невысоком уровне жизни населения пассажиры не могут выбрать иной способ перемещения, как общественный транспорт. С другой стороны, доходы бюджетов таких городов низки, по-

этому муниципалитет не может выделять дополнительные ресурсы на управление транспортной системой [10]. В такой ситуации общественный транспорт отдан на откуп частным перевозчикам, за каждым из которых закреплен набор маршрутов.

Постановка задачи -

$$H_k(\{z_m\}_{m=1, \overline{K}}) \rightarrow \max_{z_k \in Z_k}, k = \overline{1, K}.$$

В данном случае постановка задачи является игровой, т.к. присутствует несколько участников с несовпадающими интересами. Модель обычно называют «свободным рынком».

Модель 3

Во многих российских городах существуют как частные перевозчики, так и муниципальный транспорт. Но на самом деле не так важна форма собственности, как правила работы транспортных операторов. В [24] предлагается другое деление: формальные и неформальные операторы. Основное отличие в том, что неформальные операторы сами определяют режим работы, а иногда и тариф. Формальные же операторы работают по фиксированному графику и тарифу, не имея возможности существенно влиять на перемещение пассажиров.

Постановка задачи выглядит как

$$F(\{z_m\}_{m=1, \overline{K}}) \rightarrow \min_{y \in Y},$$

$$H_k(y, \{z_m\}_{m=1, \overline{K}}) \rightarrow \max_{z_k \in Z_k}, k = \overline{1, K}.$$

Данная модель называется смешанной моделью рынка городских пассажирских перевозок.

Модель 4

Данная и следующие модели описывают активное поведение пассажиров, влияющее на количество поездок на общественном и других видах транспорта. В первую очередь, рассмотрим задачу управления городской транспортной системой на уровне муниципалитета.

Предполагается, что пассажиры могут выбрать способ передвижения и маршрут (или набор маршрутов). Муниципальные органы власти должны предоставить населению возможность осуществить данное перемещение. То есть, если человек выбрал общественный транспорт, то необходимо увеличить количество рейсов ГПТ, если же – личный автотранспорт, то необходимо разви-

вать соответствующую инфраструктуру (дороги, парковки, стоянки, гаражи, и т.д.).

Поэтому, улучшая показатели качества обслуживания пассажиров, муниципалитет снижает затраты на строительство дорог (т.к. пассажиры будут предпочитать общественный транспорт).

Постановка задачи выглядит как

$$F(y, \{x_i\}_{i=1, \overline{N}}) \rightarrow \min_{y \in Y},$$

$$G_i(x_i, y) \rightarrow \min_{x_i \in X_i}, i = \overline{1, N}.$$

Подобная постановка задачи актуальна для большинства развитых и развивающихся городов, в которых муниципалитеты определяют политику на рынке городских пассажирских перевозок. В этом случае общественный транспорт является заведомо убыточным, т.к. поставлена задача скратить вредное воздействие личного автотранспорта за счет более экологичного, быстрого и комфорtnого общественного транспорта.

Модель 5

В некоторых городах муниципалитет не в силах контролировать общественный транспорт. Тогда транспортные операторы сами определяют большинство параметров общественного транспорта. Однако ухудшение качества работы транспорта на маршруте приводит не только к перераспределению пассажиропотоков к конкурентам, но и снижению интенсивности пассажиропотока. То

есть даже для транспортной монополии невыгодно бесконечно ухудшать качество обслуживания населения, т.к. пассажиры будут искать альтернативные способы перемещения или откажутся от них:

$$G_i(x_i, \{z_m\}_{m=1, \overline{K}}) \rightarrow \min_{x_i \in X_i}, i = \overline{1, N},$$

$$H_k(\{x_i\}_{i=1, \overline{N}}, \{z_m\}_{m=1, \overline{K}}) \rightarrow \max_{z_k \in Z_k}, k = \overline{1, K}.$$

Таким образом, в данной модели транспортные операторы не только конкурируют между собой за пассажиропотоки, но и за то, чтобы пассажиры выбирали общественный транспорт для перемещения. Поэтому в данной постановке задачи интенсивность движения ГПТ выше, чем в Модели 2.

Модель 6

Последняя модель описывает общую постановку задачи, включающие в качестве участников игры одновременно муниципалитет, транспортных операторов и пассажиропотоки:

$$F(y, \{x_i\}_{i=1, \overline{N}}) \rightarrow \min_{y \in Y},$$

$$G_i(x_i, \{z_m\}_{m=1, \overline{K}}) \rightarrow \min_{x_i \in X_i}, i = \overline{1, N},$$

$$H_k(\{x_i\}_{i=1, \overline{N}}, \{z_m\}_{m=1, \overline{K}}) \rightarrow \max_{z_k \in Z_k}$$

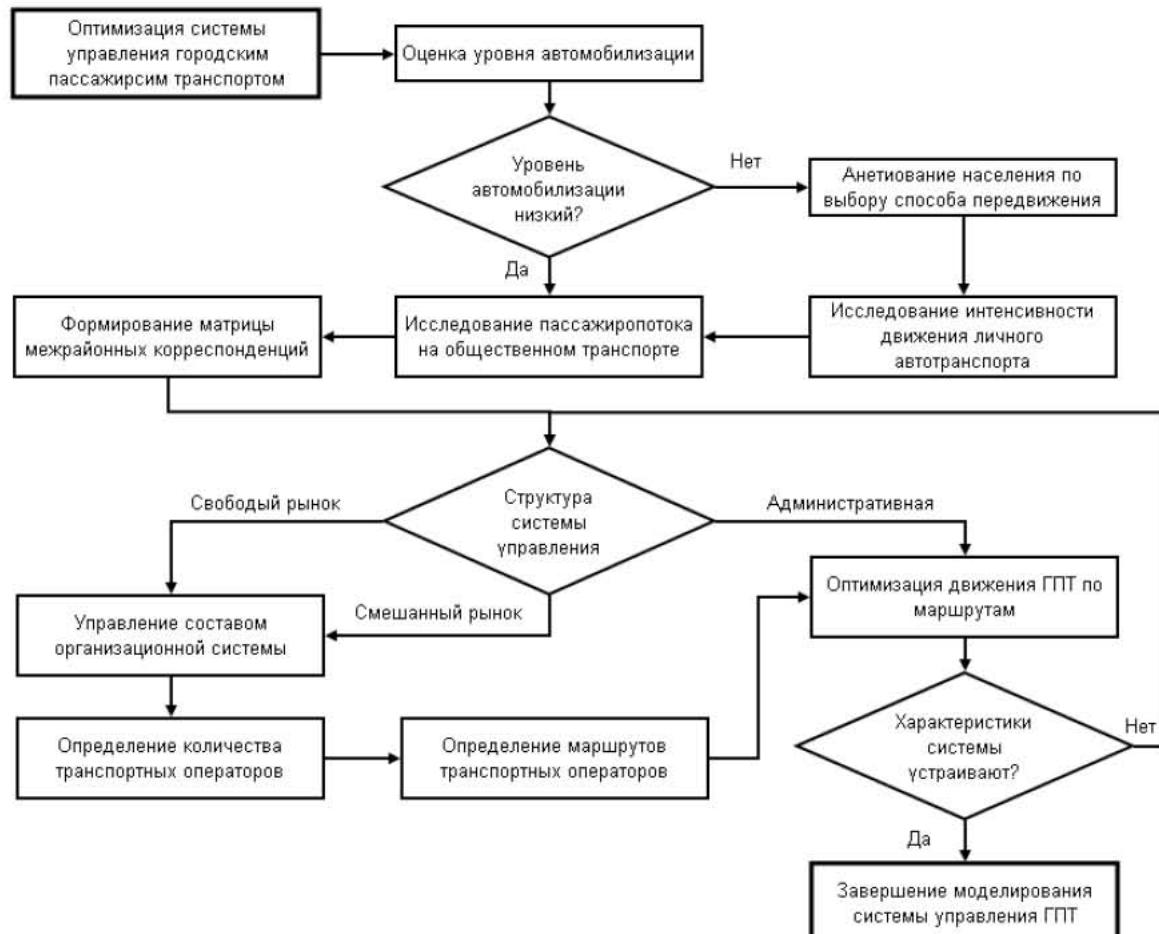


Рис. 3. Алгоритм оптимизации системы управления городским пассажирским транспортом

$$k = \overline{1, K}.$$

Сложность модели не гарантирует существование решения при всех исходных данных. Наличие равновесия Нэша [25,30,33,39] можно доказать лишь для упрощенных постановок задачи.

АЛГОРИТМ ОПТИМИЗАЦИЯ УПРАВЛЕНИЯ ГОРОДСКОЙ ТРАНСПОРТНОЙ СИСТЕМОЙ.

Представленная на рис.3 общая схема оптимизации системы управления общественным транспортом содержит институциональное управление и управление составом и рассматривается стратегическое управление, так как нельзя часто менять структуру системы и состав участников.

В зависимости от выбора того или иного варианта алгоритм приводит к одной из шести моделей структуры системы управления.

ВЫВОДЫ

Основанием классификации является конфликт интересов пассажиропотоков, транспортных операторов и муниципалитета. Выделено три типа агентов: муниципалитет (метаагент), транспортные операторы и пассажиропотоки. Организационная система отличается наличием (активностью) агентов каждого типа и описывает различные механизмы управления транспортными системами в различных городах.

Получено аналитическое решение задач управления движением городского пассажирского транспорта для различных систем управления. Приведены численные примеры решения задач, на которых показано влияние параметров модели при различных механизмах управления.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Бонсалл П.У.* Моделирование пассажиропотоков в транспортной системе. Оценка вариантов развития транспортной системы и анализ чувствительности модели : [пер. с англ.] / П.У. Бонсалл, А.Ф. Чемперноун, А.К. Мейсон, А.Г. Уилсон. – М. : Транспорт, 1982. – 207 с.
2. *Бурков В.Н., Новиков Д.А.* Теория активных систем: состояние и перспективы / В.Н. Бурков, Д.А. Новиков. – М.: Синтег, 1999. – 128 с.
3. *Вельможин А.В., Гудков В.А., Куликов А.В., Сериков А.А.* Эффективность городского пассажирского общественного транспорта. Волгоград: Волгоградский госуд. технич. университет, 2002. 256 с.
4. *Воробьев Н.Н.* Основы теории игр. Бескоалиционные игры.– М.: Наука, 1984. 498. с.
5. *Данилов Н.Н.* Методологические вопросы математического моделирования городских пассажирских перевозок / Н.Н. Данилов, М.В. Филимонов // Вестник КемГУ. Математика.– 2004. №1 (17)..–С.7-15.
6. *Жуков И.А.* Конкуренция операторов городского пассажирского транспорта в условиях регулирования уличного движения / И. А. Жуков, Е. Б. Зварыч, М.Е. Корягин // Вопросы современной науки и практики. Университет им. В.И. Вернадского. – 2009. – №1. – С. 69-77.
7. *Коробов С.А.* Совершенствование пассажироперевозок на основе выбора рациональной структуры внутригородских перемещений / С.А. Коробов // Автореферат диссертации на соискание ученой степени кандидата технических наук. – Тюмень, 2009. – 23 с.
8. *Корягин М.Е.* Конкуренция потоков общественного транспорта / М.Е. Корягин // Автоматика и телемеханика, 2008. – № 8. – С. 120-130.
9. *Корягин М.Е.* Равновесные модели системы городского пассажирского транспорта в условиях конфликта интересов / М. Е. Корягин. Новосибирск: Наука, 2011. – 140 с.
10. *Коссой Ю. М.* Конкуренция на городском пассажирском транспорте / Ю. М. Коссой // Социально-экономические проблемы развития транспортных систем городов и зон их влияния : материалы XIII международной (шестнадцатой екатеринбургской) научно-практической конференции. – Екатеринбург : АМБ, 2007. – С. 152-156.
11. *Курганов В.М.* Логистика. Управление автомобильными перевозками. Практический опыт / В.М. Курганов // М.: Книжный мир, 2007. – 448 с.
12. *Лопатин А. П.* Моделирование перевозочного процесса на городском пассажирском транспорте / А. П. Лопатин. – М. : Транспорт, 1985. – 200 с.
13. *Михайлов А. С.* Управление рынком перемещений городского населения / А. С. Михайлов. – Алматы : Гылым, 2003. – 238 с.
14. *Новиков Д.А.* Теория игр в управлении организационными системами./ Д.А. Новиков, М.В. Губко. – М.: Синтег, 2002. – 148 с.
15. *Пеньшин Н.В.* Эффективность и качество как фактор конкурентоспособности услуг на автомобильном транспорте : монография / Н.В. Пеньшин; под науч. ред. В.П. Бычкова. – Тамбов : Изд-во Тамб. гос. техн. ун-та, 2008. – 224 с.
16. *Печерский С.Л.* Теория игр для экономистов. Вводный курс / С.Л. Печерский, А.А. Беляева // Учебное пособие. – СПб.: Издательство Европейского университета в Санкт-Петербурге, 2001. – 344 с.
17. *Ригерер С. А.* Математическая модель взаимодействия движущихся коллективов: общественного транспорта и пассажиров / С. А. Ригерер, Н. Н. Смирнов, А. Е. Ченчик // Автоматика и телемеханика. – 2007. – №7. – С. 116-131.

18. Спарманн Ф. Общественный транспорт: Организация и финансирование в Европе / Ф. Спарманн, П. Каллерманн. Public Transport International. № 5. – 2001. – С. 16 – 19.
19. Спирин И. В. Научные основы комплексной реструктуризации городского автобусного транспорта / И. В. Спирин // Автореферат дисс. на соискание уч... степени докт.. техн.. наук. – М., 2007. 38 с.
20. Усиченко Н.Г. Организационно-экономические основы регулирования системы городского пассажирского транспорта (на материалах Санкт-Петербурга) / Усиченко Н.Г. // Автореферат диссертации на соискание уч... степени канд... экон... наук. – Санкт-Петербург, 2000. – 21 с.
21. Федоров В. П. Комплексное моделирование потоков общественного и индивидуального транспорта / В. П. Федоров, О. М. Пахомова, Л. А. Лосин, Н. В. Булычева. // Социально-экономические проблемы развития транспортных систем городов и зон их влияния : материалы XI Международной научно-практической конференции. – Екатеринбург : АМБ, 2005. – С. 29–33.
22. Шавыраа Ч.Д. Разработка методики организации обслуживания населения автобусным транспортом в малых городах / Ч.Д. Шавыраа // Автореферат диссертации на соискание ученой степени канд... техн... наук. – Санкт - Петербург, 2009. – 16 с.
23. Ben-Akiva M. Discrete choice methods and their applications to short-term travel decisions / M. Ben-Akiva, M. Bierlaire // in R. Hall (ed.), Handbook of Transportation Science, International Series in Operations Research and Management Science. – 1999. – Vol. 23. – Pp. 5-33.
24. Bus Rapid Transit / L. Wright // Sustainable Transport: A Sourcebook for Policy-makers in Developing Cities. – Sustainable Urban Transport Project – Asia (www.sutp-asia.org), Deutsche Gesellschaft fur Technische Zusammenarbeit (www.gtz.de), and the Institute of Transportation and Development Policy (www.itdp.org); at www.itdp.org/index.php/microsite/brt_planning_guide, 2004. – 318 p.
25. Debreu G. A Social Equilibrium Existence Theorem / G. Debreu // Proceedings of the National Academy of Sciences, 1952. – Vol. 38. – Pp. 886-893.
26. Evans A. Bus Competition: Economic Theories and Empirical Evidence / A. Evans // Transportation Planning and Technology, 1991. – Vol. 15. – Pp. 295-313.
27. Evans A. Competition and the Structure of Local Bus Markets / A. Evans // Journal of Transport Economics and Policy, 1990. – Vol. 34(3). – Pp. 255-281.
28. Evans A. Road Congestion Pricing: When is it a Good Policy? / A. Evans // Journal of Transport Economics and Policy, 1992. – Vol. 26(3). – Pp. 213-242.
29. Evans A. The Theoretical Comparison of Competition with Other Economic Regimes for Bus Services / A. Evans // Journal of Transport Economics and Policy, 1987. – Vol. 21(1). – Pp. 8-36.
30. Fan Ky Fixed-point and Minimax Theorems in Locally Convex Topological Linear Spaces. / Ky Fan // Proceedings of the National Academy of Sciences 1952. – Vol. 38. – Pp. 121-126.
31. Fernandes E., Marcotte P. Operators-Users Equilibrium Model in a Partially Regulated Transit System / E. Fernandes, P. Marcotte // Transportation Science, 1992. – Vol. 26(2). – Pp. 93-105.
32. Glaister S. Competition on an Urban Bus Route / S. Glaister // Journal of Transport Economics and Policy, 1985. – Vol. 19(1). – Pp. 65-81.
33. Glicksberg I.L. A Further Generalization of the Kakutani Fixed Point Theorem, with Application to Nash Equilibrium / I.L. Glicksberg // Proceedings of the American Mathematical Society, 1952. – Vol. 3 (1). – Pp. 170–174.
34. Golob Thomas F. Structural equation modeling for travel behavior research / Thomas F. Golob // Transportation Research B. – 2003. – Vol. 37. – Pp. 1-25.
35. Hollander Y. The Applicability of Non-Cooperative Game Theory in Transport Analysis / Y. Hollander, J.N. Prashker // Transportation. – 2006. – Vol. 33 (5) . – Pp. 481-496.
36. Marcotte P. Interactive Methods for Solving and Equilibrium Problem Arising in Transit Deregulation / P. Marcotte, L. Zubieta, O. Drissi-Kaitouni // Transportation Research, 1990. – Vol. 24B. – Pp. 44-55.
37. Marcotte P. Network Optimisation with Continuous Control Parameters / P. Marcotte // Transportation Science, 1983. – Vol. 17. – Pp. 181-197.
38. Moulin H. Theorie des jeux pour l'économie et la politique/ H. Moulin. – Paris: Hermann, 1981. 248 p.
39. Nash J. Non-Cooperative Games / J.F. Nash //The Annals of Mathematics, 1951. Vol. 2. – Pp. 286-295.
40. Wichiensin M. An Inter-Modal Equilibrium Model of Privatised Transit in Combination with Road-Based Congestion Charging/ M. Wichiensin // PhD Thesis of Muanmas Wichiensin, submitted to Centre for Transport Studies Department of Civil and Environmental Engineering Imperial College London, 2007. – 210 p.

Автор статьи:

Корягин
Марк Евгеньевич,
канд.техн.наук, доцент каф. автомобильных перевозок КузГТУ,
Email: markkoryagin@yandex.ru