



## Отзыв

ведущей организации на диссертацию Мельник Анны Владимировны  
«Равновесие в теоретико-игровых моделях массового обслуживания»,  
представленной на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук по  
специальности 01.01.09 «Дискретная математика и математическая кибернетика»

### Актуальность темы.

Последние десятилетия наблюдается растущий интерес к применению методов теории игр и принятия решений в задачах территориального планирования, управления пассажиропотоками и ценообразования. В основе исследования экономических процессов в этой области лежит моделирование поведения покупателей и пассажиров. Оно является предметом недавно возникшей науки -- экспериментальной экономики. Существует большое количество математических моделей конкуренции, таких как дуополии, олигополии, относящихся к задачам ценообразования, среди которых центральное место занимает дуополия Хотеллинга (Hotelling, 1929), впервые рассмотренная на линейном рынке, где конкурируют две фирмы. Эта модель учитывает местоположение фирм, поэтому также актуальной является и задача об оптимальном размещении фирм на рынке. Эта модель рассматривалась во многих работах, причем не только на линейном рынке, но и на плоскости. В данной работе модель дуополии Хотеллинга рассматривается на плоскости в метрике Манхэттена.

Модель дуополии Хотеллинга можно распространить на рынок пассажирских перевозок. Оптимизационным задачам управления транспортными потоками было посвящено большое количество работ, значительно меньшее внимание было уделено теоретико-игровым моделям управления транспортными потоками. В работе рассмотрены новые модели ценообразования на графах различной топологии при различных функциях задержки на ребрах графа.

Учитывая выше сказанное, можно утверждать, что тема диссертации «Равновесие в теоретико-игровых моделях массового обслуживания» является чрезвычайно актуальной.

### Аналитический обзор содержания диссертации.

Диссертация состоит из введения, четырех глав, заключения и библиографии. Общий объем диссертации 112 страниц, из них 104 страницы текста, включая 12 рисунков. Библиография включает 52 наименования на 5 страницах. Во введении автор показывает актуальность работы, обосновывает поставку цели и задач исследования, формулирует основные положения, вынесенные на защиту, и кратко излагает содержание диссертации.

В первой главе рассматривается задача ценообразования и размещения в модели дуополии Хотеллинга на плоскости, когда в затратах покупателей расстояние представлено в метрике Манхэттена. Найден аналитический вид равновесия по Нэшу в задаче ценообразования, когда город представлен в виде единичного квадрата, которое используется для определения оптимального расположения игроков. Для игры размещения построено равновесное решение, в котором фирмы, предоставляющие на рынок товар, выбирают симметричное расположение.

Вторая глава посвящена исследованию модели ценообразования на рынке пассажирских перевозок, когда поток пассажиров образует пуассоновский процесс.

Затраты пассажира в этой транспортной модели складываются из цены на товар и ожидаемого времени пребывания пассажира в системе обслуживания. Найден аналитический вид равновесия в задаче ценообразования и показано, что оно существует. Рассмотрена кооперативная постановка, в которой в модель вводится третий игрок с фиксированной ценой и параметром интенсивности обслуживания. Значение характеристической функции в такой модели есть выигрыш рассматриваемого игрока или коалиции в ситуации равновесия по Нэшу. В качестве принципа оптимальности предлагается вектор Шепли и приведен пример вычисления этого вектора в конкретном случае.

В третьей главе предложена общая постановка транспортной игры, когда поток пассажиров образует пуассоновский процесс. Каждый игрок обслуживает ряд маршрутов, назначая на каждом маршруте цену на обслуживание. Решена задача ценообразования в модели пассажироперевозок на транспортных сетях различной топологии.

В четвертой главе рассмотрена теоретико-игровая модель конкуренции транспортных компаний на параллельных каналах, в которой время, необходимое пассажиру для перехода в пункт назначения имеет *BPR*-вид. В такой модели найден аналитический вид равновесия по Нэшу и сформулированы условия, при которых компании будут конкурентоспособны. Проведено моделирование при различных параметрах *BPR*-функции. Применение предложенных методов продемонстрировано на графе Эйлера, который соответствует знаменитой задаче Эйлера о кёнигсбергских мостах.

В заключении кратко перечислены основные результаты диссертационной работы.

### **Новые научные результаты.**

Основными научными результатами, полученными автором являются:

- равновесие в задаче ценообразования и оптимальное расположение игроков в дуополии Хотеллинга с расстоянием по Манхэттену.
- теоретико-игровая модель ценообразования в транспортной игре, в которой потоки пассажиров образуют пуассоновский процесс.
- кооперативная постановка в транспортной игре. Разработана схема построения характеристической функции и найдено решение такой кооперативной игры.
- равновесие в теоретико-игровой модели управления пассажиропотоками для различных видов транспортных сетей и различных типов задержки.

**Научная и практическая** значимость результатов исследований заключается в том, что они могут быть использованы для задач оптимального расположения и ценообразования. Расстояние по Манхэттену возникает в задачах, когда для передвижения по городу используются улицы, что с практической точки зрения, является наиболее приближенным к реальности.

Построенные транспортные модели объясняют закономерности в задачах ценообразования для различных видов графов маршрутов и различных интенсивностей обслуживания. Они могут быть применимы в транспортных сетях различной топологии.

**Достоверность результатов диссертации** обеспечивается строгими математическими выкладками, в основе математических доказательств лежат хорошо известные факты из теории игр и массового обслуживания, основные теоретические результаты подтверждены компьютерными расчётами.

**Соответствие диссертационной работы заявленной специальности 01.01.09** также не вызывает сомнений, т.к. полученные утверждения о существовании и структуре равновесий в задачах оптимального размещения и ценообразования в сфере пассажирских перевозок являются одним из важных направлений в области современной теории игр и исследования операций.

### **Публикации, апробация результатов**

Всего по теме диссертации опубликовано 8 работ, из них 3 – в журналах, входящих в перечень, рекомендованный ВАК для публикации основных результатов

кандидатских диссертаций (на момент публикации), 5 – в трудах международных конференций. Опубликованные работы достаточно полно отражают содержание диссертации.

Апробация результатов работы проводилась на международных научных и научно-технических конференциях и семинарах

- Конференция "Процессы управления и устойчивость" (2009, 2010, 2011), Санкт-Петербург,
- Международный семинар "Scientific Publishing" (2011), Хельсинки - Санкт-Петербург,
- Международный семинар "Networking Games and Management" (2012), Петрозаводск,
- Международный семинар "4th Nordic Triangular Seminar in Applied Stochastics" (2013), Хельсинки,
- Международная конференция "SING9" (2013), Виго.

#### **К недостаткам диссертационной работы, на наш взгляд, следует отнести:**

1. Крайняя сжатость изложения. Основной текст глав диссертации состоит из постановок задач, формулировок утверждений и их доказательств. Хотелось бы увидеть больше комментариев с разъяснением содержательного значения и связи доказываемых результатов между собой.

2. Выводы к основным главам исчерпываются одним абзацем, в котором перечисляются полученные результаты. Хотелось бы увидеть более развернутые итоги (хотя бы на 1.5-2 страницы), в которых была бы обрисована общая картина результатов, связь доказанных теорем между собой.

3. В заключении хотелось бы увидеть, так же более развернуто, общую картину полученных результатов и их место в контексте результатов других авторов, обзор которых был дан во введении.

Эти замечания не влияют на положительную оценку выполненной работы и не ставят под сомнение основные выводы диссертации, а скорее являются рекомендациями на будущее.

Представленный автореферат полно и достоверно отражает содержание диссертации.

#### **Заключение**

Диссертация Мельник А.В. представляет собой научный труд, в котором содержится решение актуальной задачи. Новые научные результаты, полученные диссидентом, имеют существенное значение для науки и практики. Выводы диссертации достаточно обоснованы.

Считаем, что диссертация на тему «Равновесие в теоретико-игровых моделях массового обслуживания» отвечает всем требованиям Положения ВАК «О порядке присуждения ученых степеней», а ее автор, Мельник Анна Владимировна заслуживает присуждения ему ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 01.01. 09 "Дискретная математика и математическая кибернетика"

Диссертационная работа Мельник А.В. рассмотрена на общемосковском семинаре по теории управления организационными системами в ИПУ РАН (руководитель семинара чл. корр. РАН Д.А.Новиков) 25 сентября 2014 г.

**Г.н.с. лаборатории Активных систем  
Института Проблем Управления РАН  
д.ф.-м.н.**

Чхартишвили А.Г.