

## Отзыв официального оппонента

Гасникова Александра Владимировича

на диссертацию Е. Г. Дорогуш «Математический анализ модели транспортных потоков на автостраде и управления ее состоянием», представленной на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 01.01.02 — дифференциальные уравнения, динамические системы и оптимальное управление

Диссертационная работа Елены Геннадьевны Дорогуш является логическим продолжением исследований А. А. Куржанского (PhD Thesis, Berkeley, 2007). В диссертационных работах А. А. Куржанского и Е. Г. Дорогуш рассматривалась математическая модель транспортных потоков, предложенная в середине 90-х годов XX века К. Даганзо. Эта модель, которую часто называют СТМ, описывает транспортный поток дискретным вариантом системы законов сохранения (автомобилей) на графе транспортной сети. Дискретизация осуществляется по схеме Годунова. Под законами сохранения понимаются нелинейные уравнения в частных производных первого порядка, связывающие скорость и плотность (погонную) транспортного потока. При этом для замыкания модели вводят уравнения состояния транспортного потока (на каждом ребре графа): зависимость между скоростью и плотностью. В свою очередь эта зависимость определяют так называемую фундаментальную диаграмму (зависимость величины потока автомобилей от плотности). Важной отличительной особенностью СТМ модели является предположение о том, что все эти фундаментальные диаграммы имеют вид трапеции. Эта модель подвергалась критике, например, Б. С. Кернером (развивающим идеи наличия трех фаз в транспортном потоке). Однако наш опыт работы с данными Яндекс.Пробки и рядом других источников данных показал, что выбранная Еленой Геннадьевной СТМ модель не только улавливает в первом приближении основные закономерности, имеющие место в транспортном потоке, но и очень хорошо калибруется. В диссертации А. А. Куржанского с помощью СТМ модели решалась задача управления въездами на магистраль. Важно отметить, что Александром Александровичем было получено полное описание возникающих стационарных режимов и исследована их устойчивость. Елена Геннадьевна обобщила результаты А. А. Куржанского, рассмотрев общую модель перекрестка из недавней работы (2011 г.) бельгийских ученых С. М. Тампере и др. Стоит отметить, что Е. Г. Дорогуш, в свою очередь, немного обобщила эту модель. Хотя в работе Елены Геннадьевны не так подробно описано, зачем нужно предложенное обобщение, это не сложно понять. Обобщение, задающее неотрицательные (ранее рассматривались только строго положительные) приоритеты различным направлениям поворотов на перекрестке (общего вида) выглядит вполне естественным, и может быть связано, скажем, с наличием жесткого (не адаптивного) светофорного регулирования. Тем не менее, в этом месте имеется небольшое замечание по тому, что выбранный Е. Г. Дорогуш способ описания перекрестков, хотя и является развитием общепринятой концепции «пропорциональных приоритетов» (базирующейся на приоритетах и принципах FIFO), все же никак не учитывает многополосность. Представляется, что некоторая микромодель перекрестка с последующим агрегированием в макромоделю была бы в этой части диссертации очень уместна. Это замечание правильнее рассматривать как пожелание Елене Геннадьевне, в каком направлении развивать полученные результаты. Далее в работе Е. Г. Дорогуш исследует модель кольцевой магистрали. Полученные для кольцевой топологии явные результаты (классификация равновесных состояний, исследование их устойчивости) являются существенно новыми, и представляют не только научный, но и практический интерес. Также как и в работе Александра Александровича, Елена Геннадьевна в этой части диссертации все делает явно. Точнее говоря, все сделанные выводы основываются на доказанных теоремах, в которых фигурируют явные формулы, описывающие стационарные режимы. В заключительной (третьей) главе диссертации Е. Г. Дорогуш рассматривает модель магистрали с выделенной полосой. Решается задача

управления стоимостью въезда на эту полосу. Здесь стоит отметить оригинальность постановки задачи. Обычно задачи, связанные с платными дорогами, тарифами, выделенными полосами ставят немного по-другому (см., например, работы В. Н. Сэндхольма), ориентируясь на долгосрочные перспективы. Тем интереснее представляется рассмотренная Е. Г. Дорогуш постановка. Впрочем, не очевидно, что предложенную схему управления транспортными потоками в ближайшем будущем будет возможным практически реализовать. По этой части работы основное замечание: немного подробнее хотелось бы увидеть обзорную часть.

Основные результаты работы состоят в следующем.

1. Предложен способ вычисления пропускной способности и уровня загруженности автомагистрали в рамках исследуемой математической модели.
2. Исследовано множество положений равновесия в модели незамкнутой и кольцевой автострады. Получен критерий устойчивости равновесий.
3. Предложен алгоритм управления состоянием автомагистрали посредством выделенных платных полос.

В целом диссертация представляется хорошим, законченным научным исследованием, выполненным по актуальной теме, с привлечением серьезного математического аппарата, полностью соответствующего выбранной специальности. Автор продемонстрировал хорошее понимание проблематики исследуемых задач, как с научной, так и с практической стороны. Именно такая удачная игра на стыке хорошей науки и практичности выделяет диссертацию Е. Г. Дорогуш среди многих других диссертаций, связанных с моделированием транспортных потоков, которые мне довелось видеть. На мой взгляд, это, безусловно, одна из лучших диссертаций по приложению дифференциальных уравнений к моделированию транспортных потоков за последние годы.

Тема и содержание диссертации соответствуют специальности 01.01.02 — дифференциальные уравнения, динамические системы и оптимальное управление. Основные результаты диссертации опубликованы в 3 работах, в числе которых 2 статьи в журналах из Перечня рецензируемых научных изданий. Автореферат правильно отражает содержание диссертации.

Считаю, что диссертация Е. Г. Дорогуш «Математический анализ модели транспортных потоков на автостраде и управления ее состоянием» соответствует критериям, установленным Положением о присуждении ученых степеней, а соискатель заслуживает присуждения ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 01.01.02 — дифференциальные уравнения, динамические системы и оптимальное управление.

Доцент кафедры математических основ управления,  
зам. декана факультета управления и прикладной математики  
Московского физико-технического института,  
кандидат физико-математических наук, доцент

А. В. Гасников

31 марта 2014 г.

141700 г. Долгопрудный, Мос. обл., Институтский пер., д. 9  
Московский физико-технический институт  
Факультет управления и прикладной математики  
Кафедра математических основ управления, 903 КПМ  
8 (495) 408-72-90

