

## ОТЗЫВ

### Официального оппонента

#### на диссертационную работу Еремина Сергея Васильевича

на тему: «Методология организации перевозок пассажиров городским общественным транспортом в условиях перспективного территориального развития города», представленную на соискание ученой степени доктора технических наук по специальности 2.9.4. Управление процессами перевозок

#### Актуальность избранной темы

В современном мире проблема роста автомобилизации усугубляется еще и проблемами застройки городской территории. При проектировании зданий не уделяется должного внимания ни вопросам организации парковочного пространства, ни вопросам пропускной способности дорог, ни организации обслуживания населения новых микрорайонов общественным транспортом. Все это неминуемо сказывается транспортной ситуации: увеличивается количество транспортных заторов, растет время сообщения между различными частями города, повышается вероятность возникновения дорожно-транспортного происшествия т.д.

Стоит отметить и важность повышения привлекательности городского пассажирского транспорта общего пользования. В крупнейших российских агломерациях на личный автомобильный транспорт приходится 12-25 процентов всех совершаемых поездок (для сравнения – на автобусы общего пользования – 12 – 17 процентов поездок, на внеуличный транспорт – 3-26 процентов, на пешие перемещения – 29-40 процентов). При этом на личный автомобильный транспорт приходится около 95 процентов занимаемого пассажирским транспортом городского пространства, 80-95 процентов выбросов и более 75 процентов дорожно-транспортных происшествий.

В связи с этим тему диссертационного исследования Еремина С.В. «Методология организации перевозок пассажиров городским общественным транспортом в условиях перспективного территориального развития города» следует признать актуальной и своевременной.

#### Степень обоснованности научных положений, выводов и рекомендаций, сформулированных в диссертации

Диссертационное исследование Еремина С.В. является комплексной работой, затрагивающей различные аспекты управления транспортной инфраструктурой города, затронуты такие вопросы как: эффективность организации дорожного движения, планирование работы общественного пассажирского транспорта, повышение безопасности дорожного движения, цифровизация транспортного комплекса. При проведении диссертационного исследования автором использовался значительный объем статистических данных о перевозках пассажиров, дорожно-транспортных происшествиях,

параметрах транспортных потоков и т.д. Экспериментальные исследования выполнены в соответствии с требованиями нормативно-правовых документов.

В ходе выполнения диссертационного исследования автором проанализировано более 150 научных трудов ведущих отечественных и зарубежных ученых, тем самым обеспечивая принцип научной преемственности при разработке положений научной новизны.

Для достижения цели исследования, которая заключается в развитии методологии перспективной организации транспортного обслуживания населения городов на основе компромиссных решений между градостроительной политикой и развитием транспортной системы в работе решено 8 задач. Решение каждой последующей задачи основывается на использовании результатов предыдущих этапов диссертационного исследования, что обуславливает их взаимосвязь и взаимозависимость.

Выводы и рекомендации, представленные в диссертационном исследовании, соответствуют поставленным задачам и полученным результатам исследования, хорошо обоснованы и логично вытекают из основного содержания работы.

#### **Достоверность и новизна научных положений и выводов диссертационной работы**

Достоверность проведенных исследований подтверждается использованием апробированного комплексного подхода к разработке методологии организации перевозок пассажиров городским общественным транспортом в условиях перспективного территориального развития города.

Диссертационное исследование выполнено на основе научных трудов ведущих отечественных и зарубежных ученых в области организации пассажирских перевозок и управления на транспорте. Достоверность полученных исследований подтверждается корректным использованием таких методов научного исследования как: статистический анализ; математическая статистика и теория вероятностей; прогнозирование; нечеткая логика; математическое программирование; эксперимент.

Научные положения и выводы диссертационного исследования прошли успешную апробацию и обсуждение на международных научно-практических конференциях, что подчеркивает их новизну, достоверность и значимость. Основные положения диссертации опубликованы в 34 статьях, из них 14 – в научных изданиях, включенных в перечень рецензируемых и рекомендованных ВАК РФ для опубликования основных научных результатов диссертаций; 4 – в изданиях, включенных в зарубежную аналитическую базу данных Scopus; 2 – в изданиях, включенных в зарубежную аналитическую базу данных Web of Science.

Научная новизна диссертационного исследования Еремина С.В. заключается в том, что:

1. Разработаны и научно-обоснованы теоретические положения математической равновесной модели жилищного и транспортного развития

города на основе нечеткого вывода для прогнозирования перспективных транспортных корреспонденций пассажиров.

2. Усовершенствована методика оптимизации парка подвижного состава городского пассажирского транспорта на основе аддитивной свертки временных затрат и стоимости подвижного состава путем последовательного поиска решения методом идеальной точки.

3. Получена зависимость между неравномерностью пассажиропотока на маршрутах городского общественного транспорта и пятнадцатиминутными временными интервалами путем спектрального и факторного анализа для повышения точности имитационного моделирования одиночного маршрута.

4. Получена зависимость между пассажиропотоками на всех остановочных пунктах городского общественного транспорта, представленная в виде главной компоненты, позволяющей осуществлять имитационное моделирование в условиях недостаточного объема исходных данных.

5. Усовершенствована математическая модель определения выходных корреспонденций на основе мультиэллиптического представления территориальной структуры города путем аппроксимации взвешенной смесью нормальных распределений параметров стоков и истоков.

6. Разработана и экспериментально подтверждена факторная модель максимизации пропускной способности участка улично-дорожной сети, позволяющая установить взаимосвязь значений интенсивностей транспортных потоков в различных направлениях.

7. Разработана и научно-обоснована методика многокритериальной оценки факторов обеспечения безопасности дорожного движения на основе новой зависимости между количеством ДТП и мультипликативной функцией двух переменных: месяца и часа.

### **Практическая значимость работы**

Практическая значимость исследований Еремина С.В. заключается в применении разработанных положений в практической деятельности субъектов Российской Федерации в области планирования работы пассажирского транспорта общего пользования в условиях перспективного территориального развития городов. К таким положениям можно отнести: математическую равновесную модель жилищного и транспортного развития города на основе нечеткого вывода для прогнозирования перспективных транспортных корреспонденций пассажиров; методику оптимизации парка подвижного состава городского пассажирского транспорта на основе аддитивной свертки временных затрат и стоимости подвижного состава путем последовательного поиска решения методом идеальной точки; математическую модель определения выходных корреспонденций на основе мультиэллиптического представления территориальной структуры города путем аппроксимации взвешенной смесью нормальных распределений параметров стоков и истоков; факторную модель максимизации пропускной способности участка улично-дорожной сети; методику многокритериальной оценки факторов обеспечения безопасности дорожного движения на основе

новой зависимости между количеством ДТП и мультипликативной функцией двух переменных: месяца и часа.

Основные результаты исследований и разработок использованы в практической деятельности органов исполнительной власти и субъектов управления безопасностью и организацией перевозок пассажиров на уровне города Красноярска, что подтверждается актами внедрения, выданными муниципальным предприятием города Красноярска «Городской транспорт», УГИБДД ГУ МВД по Красноярскому краю, департаментом градостроительства администрации города Красноярска, департаментом транспорта администрации города Красноярска, муниципальным казенным учреждением города Красноярска «Красноярскгортранс».

Результаты работы внедрены в учебный процесс ФГБОУ ВО «Орловский государственный университет имени И.С. Тургенева».

### **Анализ содержания работы**

Диссертация состоит из введения, пяти глав, заключения, списка литературы, включающего 202 наименования, и трех приложений. Текст диссертации изложен на 299 страницах, включает 44 таблицы, 149 рисунков.

Диссертация оформлена в соответствии с требованиями к научно-техническим публикациям. Материал логично структурирован, изложен технически грамотно и ясно. Содержание автореферата отражает основные положения, результаты и выводы работы.

**Во введении** обосновывается актуальность темы диссертационной работы, научная новизна и практическая и теоретическая значимость, сформулированы цель и задачи исследования, основные положения, выносимые на защиту, степень достоверности и апробация работы. Представлена информация о публикациях соискателя по теме диссертационной работы.

**В первой главе** выполнен системный анализ методов и моделей проектирования транспортных систем городов и регионов. Автором показано, что при проектировании транспортных системы необходимо использовать механизмы интегрированного транспортного планирования, построенные на многоуровневой стратегической основе, подразумевающей комплексный подход к решению существующих проблем города и региона. В рамках анализа эффективности маршрутных сетей и их моделирования в работе предлагается использовать дискретно-событийное моделирование, основанное на общих положениях систем массового обслуживания. В рамках моделей анализа случайных пассажиропотоков рассматриваются как стационарные, так и нестационарные случайные процессы, а также весь спектр методов разведочного и многомерного анализа данных.

**Во второй главе** рассматривается моделирование транспортных систем в рамках перспективного территориального планирования. Автором предложена методика нечеткого вывода, которая позволяет дать количественные оценки спроса на жилье в перспективных районах застройки, что дает возможность коррекции динамики матрицы корреспонденций

пассажиров. В результате такого подхода возможен прогноз численности населения в отдельных районах города, что позволяет заблаговременно скорректировать матрицу корреспонденций пассажиров и запланировать необходимые мероприятия по совершенствованию транспортного обслуживания населения. Для реализации реконструкции участков улично-дорожной сети разработана факторная модель максимизации пропускной способности участка улично-дорожной сети, основанная на выделении значимых факторов, т. е. интенсивностей потоков по различным направлениям. Разработанные в ходе моделирования мероприятия были реализованы на улично-дорожной сети города Красноярска с последующим сравнительным анализом, который подтвердил эффективность принятых решений. По результату сравнительного анализа 2018 года с 2019 годом можно сделать вывод, что наблюдается снижение длины заторовых ситуаций в утренний и вечерний часы пик с 14902 м до 13861 м утром (– 8%), и с 19618 м до 18588 м вечером (– 6%); сокращается продолжительность заторовой ситуации в утренний час пик (ранее с 7:30 до 9:30, сейчас с 7:30 до 9:00), в вечерний час пик (ранее с 17:00 до 19:00, сейчас с 17:30 до 19:00). В свою очередь, по результату сравнительного анализа 2019 года с 2020 годом можно сделать вывод о том, что наблюдается снижение длины заторовых ситуаций в утренний и вечерний часы пик с 13861 м до 12890 м утром (– 7%), и с 18588 м до 17659 м вечером (– 5%); сохраняется продолжительность заторовой ситуации в утренний час пик (с 7:30 до 9:00), сокращение продолжительности вечернего часа пик (ранее с 17:30 до 19:00, сейчас с 17:30 до 18:30).

**В третьей главе** разработаны научные подходы к организации транспортного обслуживания населения на основе единого жилищно-транспортного планирования. Автором выполнен детальный статистический анализ пассажиропотоков на остановочных пунктах различных маршрутов автобусов. Получены характеристики неравномерности по времени и направлению. Спектральный анализ выявил три пика сезонности пассажиропотока. Корреляционный и кросскорреляционный анализ показал наличие сильных взаимосвязей межостановочных пассажиропотоков. Факторный анализ показал, что всего одна главная компонента дает 65 % информации о всех пассажиропотоках на всех остановочных пунктах маршрута, а при использовании двух главных компонент можно получить информацию по всем пассажиропотокам с потерей точности 8 %.

Также автором предложено аппроксимировать модели стоков и истоков взвешенной смесью нормальных распределений. Истоки формируются на основе статистики валидаций и определяют входные пассажиропотоки, которые моделируются на основе предложенного алгоритма. Стоки формируются на основе анализа инфраструктуры города, учитывая крупные промышленные предприятия, места общественного отдыха, крупные торговые центры и т.д. На основе этого аналогично истокам рассчитывается вероятность выхода на соответствующем остановочном пункте.

Решена задача оптимизации состава парка для обслуживания маршрутов, которая формально представлена в виде многокритериального

выбора между расходами на содержание парка и затратами времени пассажиров на реализации поездок. Реализовано совместное использование аналитической и имитационной модели.

**В четвертой главе** выполнено формирование и оценка эффективности мероприятий повышения безопасности дорожного движения в условиях перспективного территориального развития города. Автором выполнен статистический анализ временных рядов ДТП. Найдены основные закономерности и построены модели временных рядов для проанализированного класса ДТП.

Автором разработана методика многокритериальной оценки факторов обеспечения безопасности дорожного движения на основе новой зависимости между количеством ДТП и временным фактором в виде мультипликативной функции двух переменных: месяца и часа, – которая дает адекватные результаты с уровнем значимости 95 %. Предложенную зависимость между количеством ДТП и мультипликативной временной функцией можно использовать как для прогноза, так и сравнительного анализа аварийности в городе Красноярске.

**В пятой главе** рассмотрены основные подходы цифровизации системы управления городским общественным транспортом, а также выполнена оценка эффективности мероприятий совершенствования транспортной системы города Красноярска.

Автором в рамках задачи интеграции моделей предложено использование механизмов гибридных автоматов, которые объединяют как непрерывные, так и дискретные модели и выработаны предложения по реорганизации структуры управления транспортным комплексом города Красноярска.

На основании полученных результатов с 2018 по 2021 год в городе Красноярске было реализовано 41 мероприятие по реконструкции улично-дорожной сети с целью повышения эффективности дорожного движения, введено в эксплуатацию более 100 светофорных объектов, выявлено снижение количества дорожно-транспортных происшествий более чем на 8 %. В сфере городского пассажирского транспорта с 2018 по 2021 год без ухудшения качества транспортного обслуживания населения уменьшено количество маршрутов с 82 до 64 единиц, снижена потребность в подвижном составе на 3,4 %.

За счет оптимизации парка подвижного состава с 2018 по 2021 год удалось уменьшить общее количество транспортных средств на 3,4 % путем осуществления замены старых транспортных средств меньшей вместимости на новые, более комфортные транспортные средства большей вместимости, что положительно сказывается на качестве транспортного обслуживания. Всего за четыре года было закуплено 797 ед. подвижного состава, т.е. парк обновился более чем на 50 %. Реорганизация парка подвижного состава общественного транспорта города Красноярска положительно сказалась на финансовых затратах в его обслуживании и содержании. За 4 года удалось сократить удельные расходы на использование дизельного топлива на 7,5 % (с

22,6 руб./км до 20,9 руб./км). Имеется также тенденция к снижению удельных расходов на ремонт и техническое обслуживание подвижного состава на 27,5 % (с 6,62 руб./км до 4,8 руб./км).

**В заключении** автором представлены выводы и результаты диссертационного исследования.

### **Замечания по диссертационной работе**

1. В работе стоило произвести поиск зависимостей количества ДТП от времени отдельно по каждому виду ДТП, это позволило бы получить большую информативность.

2. В третьей главе диссертационного исследования представлены диаграммы распределения пассажиропотоков на различных маршрутах города Красноярска. Остановочные пункты на этих маршрутах обозначены S1, S2 и т.д. Стоило дать расшифровку названиям данных остановочных пунктов.

3. В работе детально представлен анализ пассажиропотока на маршруте №32 города Красноярска. В связи с этим неясно подобный детальный анализ проведен только по данному маршруту или по всем маршрутам города Красноярска?

4. Во второй главе выполнено моделирование дорожного движения на пересечении улиц Академика Киренского и Копылова, в ходе которого получены значения времени проезда по каждому направлению (А-В, А-С и т.д.), при этом не указаны расстояния между точками замеров времени.

5. В работе в качестве примера оценки спроса на основе нечеткой логики проведен анализ трех жилых застроек. Однако не ясно как получены исходные данные для оценки: кто является экспертом и сколько экспертов было?

6. Диссертация направлена на разработку методологии организации пассажирских перевозок в городах в условиях перспективного территориального развития. Однако, не ясно какой именно период времени понимается под термином «перспективное территориальное развитие» и на сколько точна методология на разных временных интервалах планирования.

Перечисленные замечания не оказывают существенного влияния на научную новизну результатов, полноту, качество исследования и не снижают общей ценности и положительной оценки диссертационной работы

### **Заключительная оценка диссертационной работы**

На основании вышеизложенного можно сделать вывод о том, что диссертация Еремина С.В. является научно-квалификационной работой, в которой автором решена научная проблема, имеющая важное социально-экономическое и хозяйственное значение, а также изложены новые научно обоснованные технологические решения, внедрение которых вносит значительный вклад в развитие транспортной отрасли страны в области организации перевозок пассажиров городским общественным транспортом в условиях перспективного территориального развития города.

