

*На правах рукописи*



**КОТЕНКОВА Ирина Николаевна**

**МЕТОДИКА СОВЕРШЕНСТВОВАНИЯ ТРАНСПОРТНОГО  
ОБСЛУЖИВАНИЯ ГОРОДСКОГО НАСЕЛЕНИЯ ЗА СЧЁТ  
ОБЕСПЕЧЕНИЯ ПРИОРИТЕТНОГО ДВИЖЕНИЯ  
ТРАНСПОРТА ОБЩЕГО ПОЛЬЗОВАНИЯ**

Специальность 2.9.5. Эксплуатация автомобильного транспорта

Автореферат диссертации на соискание учёной степени  
кандидата технических наук

Оренбург – 2026

Работа выполнена в федеральном государственном бюджетном образовательном учреждении высшего образования «Оренбургский государственный университет».

Научный руководитель –

доктор технических наук, доцент  
Рассоха Владимир Иванович

Официальные оппоненты:

доктор технических наук, доцент  
Фадеев Александр Иванович,  
профессор кафедры транспорта  
ФГАОУ ВО «Сибирский федеральный  
университет», г. Красноярск;

кандидат технических наук, доцент  
Шепелёв Владимир Дмитриевич,  
доцент Передовой инженерной школы  
двигателестроения и специальной техники  
«Сердце Урала» ФГАОУ ВО «Южно-  
Уральский государственный университет  
(национальный исследовательский  
университет)», г. Челябинск

Ведущая организация –

ФГБОУ ВО «Воронежский государственный  
лесотехнический университет  
имени Г.Ф. Морозова», г. Воронеж

Защита диссертации состоится 18 марта 2026 г. в 9:00 на заседании диссертационного совета 24.2.352.01, созданного на базе ФГБОУ ВО «Оренбургский государственный университет», по адресу: 460018, г. Оренбург, пр. Победы, 13, ауд. 170215.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке и на официальном сайте  
ФГБОУ ВО «Оренбургский государственный университет» ([www.osu.ru](http://www.osu.ru)).

Автореферат разослан «\_\_» 2026 г.

Учёный секретарь  
диссертационного совета  
кандидат технических наук, доцент

Хасанов Ильгиз Халилович

## ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

**Актуальность темы.** Транспортная система является ключевым элементом развития городской территории, обеспечивая подвижность населения, эффективное экономическое развитие города, функционирование социальной сферы. Одной из характерных для неё проблем является перегруженность дорожной сети. Транспортные заторы приводят к снижению скорости сообщения и к значительным потерям времени городского населения. Очевидной причиной этого является несоответствие пропускной способности участков городской дорожной сети возросшей интенсивности транспортных потоков.

Одним из мероприятий, направленных на решение данной проблемы, является снижение интенсивности транспортных потоков за счёт использования транспортных средств с наибольшей провозной способностью. Это, в свою очередь, достигается повышением привлекательности городского пассажирского транспорта, в том числе путём реализации мероприятий по обеспечению приоритетного движения городского пассажирского транспорта общего пользования (ГПТОП).

Обозначенная проблема определяет актуальность выполненного исследования, направленного на создание методической базы, позволяющей оценить целесообразность организации выделенных полос для ГПТОП на участках дорожной сети.

**Цель исследования** – повышение эффективности использования городской дорожной сети на основе обеспечения приоритетных условий движения городского пассажирского транспорта общего пользования.

**Объектом исследования** является процесс передвижения населения в условиях городской дорожной сети.

**Предметом исследования** являются закономерности параметров пассажиропотоков от условий организации движения транспортных средств в рамках городской дорожной сети.

Содержание рассматриваемых в работе вопросов отвечает формуле паспорта научной специальности 2.9.5. Эксплуатация автомобильного транспорта по направлениям исследований: 2 «Совершенствование планирования, организации и управления перевозками пассажиров и грузов, *технического обслуживания, ремонта и сервиса автомобилей* с использованием программно-целевых и логистических принципов, методов оптимизации»; 3 «Исследование закономерностей, разработка моделей, алгоритмов и специального программного обеспечения в решении задач проектирования, организации, планирования, управления и анализа транспортного процесса»; 5 «Организация и управление *грузовыми и пассажирскими* автомобильными перевозками, автотранспортными потоками, транспортное планирование и моделирование».

### **Задачи исследования:**

- анализ существующих условий и критериев целесообразности выделения полос для движения ГПТОП;
- разработка показателя эффективности использования городской дорожной сети;
- разработка методики оценки целесообразности организации выделенной полосы для движения ГПТОП на локальном участке городской дорожной сети;

- выявление условий, определяющих целесообразность организации выделенных полос для движения ГПТОП;
- оценка социально-экономического эффекта от внедрения результатов исследования.

**Научную новизну** исследования составляют следующие теоретические и методические положения, выносимые на защиту:

- критерий оценки целесообразности организации выделенных полос для движения ГПТОП, отличающийся от известных возможностью учёта изменения пассажиропотоков на смежных участках дорожной сети;
- методика оценки целесообразности организации выделенных полос для движения ГПТОП, отличающаяся от известных учётом совокупных пассажиропотоков, сформированных на локальном участке дорожной сети;
- рекомендации по организации выделенных полос для движения ГПТОП, основанные на установленной области их целесообразного применения, построенной в координатном пространстве, сформированном наиболее значимыми факторами.

**Практическая значимость** результатов исследования заключается в разработке методики, позволяющей:

- определить целесообразность обеспечения приоритетных условий движения ГПТОП;
- обосновать целесообразность организации выделенных полос для движения ГПТОП;
- определить эффективность мероприятий по обеспечению приоритетных условий движения ГПТОП.

**Внедрение результатов работы.** Результаты работы используются в государственном казённом учреждении Краснодарского края «Центр организации дорожного движения», в ООО «Центр дорожных инноваций» (г. Краснодар), в учебном процессе ФГБОУ ВО «Кубанский государственный технологический университет» и ФГБОУ ВО «Оренбургский государственный университет».

**Апробация работы.** Результаты работы обсуждались и получили одобрение на: XIX-ой всероссийской с международным участием и XX-ой международной научно-практических конференциях «Прогрессивные технологии в транспортных системах» (г. Оренбург, 2024, 2025 гг.); XX международной научно-технической конференции «Актуальные вопросы организации автомобильных перевозок, безопасности движения и эксплуатации транспортных средств» (г. Саратов, 2025 г.); международной научно-практической конференции «Интегрированные транспортные решения: вызовы современности и перспективы будущего» (г. Краснодар, 2025 г.).

**Публикации.** Основные положения и результаты диссертации отражены в 10-и печатных работах, в числе которых 3 статьи в журналах, входящих в перечень рецензируемых научных изданий, рекомендованных ВАК, а также в 3 свидетельствах о государственной регистрации программ для ЭВМ.

**Структура и объём работы.** Диссертация состоит из введения, пяти разделов, общих выводов и рекомендаций, списка использованных источников из 134 наименований и приложений, изложенных на 145 страницах машинописного текста, включая 16 рисунков и 16 таблиц.

## ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

**Во введении** обозначена решаемая проблема, обоснована актуальность темы исследования и определены основные его направления.

**В первом разделе** выполнен обзор научных работ, нормативной, методической и организационно-технологической документации по тематике научного исследования.

Результаты исследований в области организации и обеспечения безопасности дорожного движения отражены в трудах таких ученых, как М.Б. Афанасьев, М.М. Ахмадинуров, Р.М. Ахоян, А.В. Горев, В.В. Донченко, Н.Н. Дудникова, Д.С. Завалищин, Г.И. Клинковштейн, Т.В. Коновалова, Ю.А. Кременец, М.Г. Крестмейн, С. Макашарипов, А.Ю. Михайлов, М.П. Печерский, К.А. Синько, Г.А. Тимофеева, М.Р. Якимов.

Исследованию проблем, связанных с обеспечением приоритетного движения ГПТОП, посвящены научные работы Ф.В. Акопова, Л.А. Баранова, А.М. Беловой, В.М. Власова, И.Т. Гварамия, Ю.В. Голеницкого, А.Э. Горева, М.В. Грязнова, В.В. Зырянова, Д.С. Карманова, А.В. Косцова, А.Н. Красникова, Ю.А. Кременца, С.Г. Курганского, Е.А. Лебедева, Ле Дык Лонга, А.А. Мирончука, О.В. Поповой, В.И. Рассохи, П.С. Рожина, С.И. Смирнова, С.А. Ульянова, А.А. Фадюшина, А.М. Филимоновой, Ю.Д. Шелкова, М.Р. Якимова.

Вопросы организации городских пассажирских перевозок в своих работах рассматривали: В.П. Белокуров, А.А. Богомолов, Г.В. Бойко, А.А. Бурлуцкий, Г.А. Варелопуло, А.В. Вельможин, Ю.Л. Власов, Е.П. Володин, П.П. Володькин, А.Э. Горев, М.В. Грязнов, В.А. Гудков, А.М. Дацюк, В.В. Дедюкин, И.С. Ефремов, В.В. Зырянов, М.Е. Корягин, Е.А. Кравченко, В.М. Курганов, О.Н. Ларин, В.С. Лукинский, Л.Б. Миротин, С.Л. Надирян, Д.Х. Нестеренко, Д.М. Новосёлов, А.А. Папаскуа, А.И. Петров, О.В. Попова, И.Н. Пугачев, Э.А. Сафонов, И.В. Спирин, А.И. Фадеев, С.А. Ширяев, Н.Н. Якунин, Н.В. Якунина и другие авторы.

Работы перечисленных исследователей сформировали научно-методическую базу, позволяющую решить актуальные проблемы и прикладные задачи в области организации и безопасности движения ГПТОП. Практическая реализация результатов научных работ указанных авторов послужила основой для повышения эффективности функционирования городских транспортных систем, повышения комфортаности городской среды, формирования условий для устойчивого социально-экономического развития городских территорий.

По результатам обзора установлено, что в недостаточной степени изучены:

- вопрос эффективного использования выделенных полос с учётом таких ключевых факторов, как фактическая пропускная способность участка дорожной сети, показатели интенсивности и условий организации движения;

- вопрос целесообразности организации выделенных полос с учётом перераспределения транспортных потоков на смежные участки дорожной сети.

Под смежными участками дорожной сети в работе понимаются сегменты дорожной сети, обеспечивающие альтернативный вариант реализации транспортных корреспонденций рассматриваемого участка для видов транспорта, не относящихся к ГПТОП (рисунок 1).

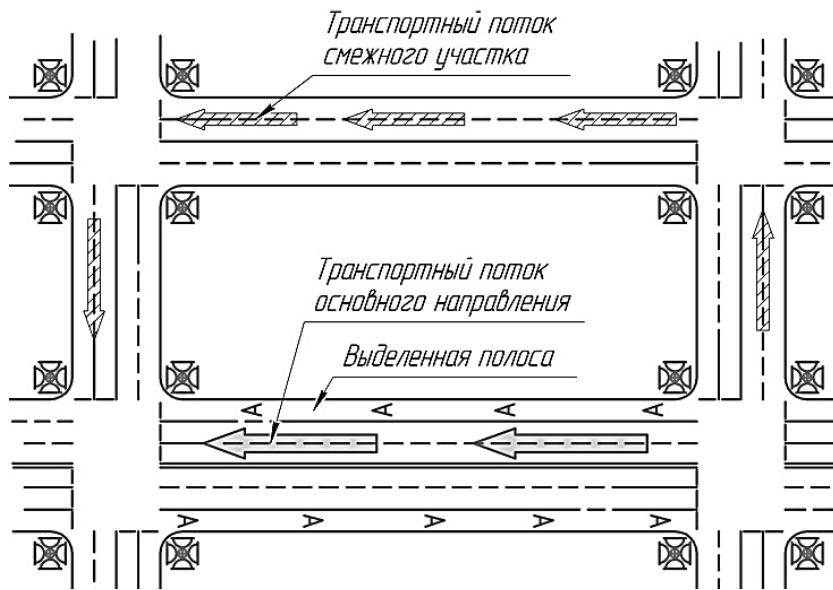


Рисунок 1 – Схема фрагмента дорожной сети с основным и смежными участками

Учитывая, что одним из основных назначений городского транспортного комплекса является удовлетворение транспортных потребностей всех категорий населения, передвигающегося как на транспортных средствах (ТС) ГПТОП, так и на индивидуальном транспорте, в качестве целевой функции разрабатываемой математической модели рассмотрена средняя скорость сообщения всех ТС, а в качестве критерия целесообразности организации выделенной полосы предложено использовать величину изменения значения целевой функции, обусловленного реализацией данного мероприятия в рамках локального участка дорожной сети. Отличительной особенностью предложенного подхода является учёт перераспределения транспортных потоков на смежные участки сети, обусловленного снижением пропускной способности основного направления для индивидуальных ТС.

Выполненный анализ условий городского движения позволил сделать заключение о возможности использования в качестве критерия целесообразности организации выделенной полосы показателя изменения средней скорости сообщения, обусловленного реализацией данного мероприятия.

Практическое решение обозначенной проблемы предполагает разработку методики обоснования целесообразности организации выделенной полосы для движения ГПТОП на локальном участке дорожной сети на основе расчёта изменения средней скорости сообщения с учётом порога насыщения транспортных потоков.

Разработка данной методики, а также составление алгоритма её практической реализации, в соответствии с установленными теоретическими положениями, составляет основную задачу, решаемую во втором разделе диссертационной работы.

Решение выявленной научной и прикладной проблем обусловило формулировку цели и задач диссертационного исследования.

**Во втором разделе** представлена теоретическая часть диссертационной работы.

Организация выделенной полосы для движения ТС ГПТОП традиционно рассматривается в качестве мероприятия по повышению эффективности транс-

портного обслуживания населения, применяемого в отношении проблемных участков дорожной сети, имеющих недостаточную пропускную способность. Исходя из результатов литературного обзора, в качестве критерия оценки целесообразности организации выделенной полосы на участке городской дорожной сети предложено использовать величину изменения средней скорости сообщения всех ТС в рамках рассматриваемого участка ( $\Delta v_{CP}$ ).

С учётом того, что при организации выделенной полосы для движения ТС ГПТОП зачастую снижается пропускная способность проездной части, предназначеннной для движения других ТС, для получения более точной оценки значения предложенного критерия целесообразно учесть возможное перераспределение транспортных потоков по параллельным улицам (смежным участкам). Условие, определяющее целесообразность организации выделенной полосы, описывается неравенством:

$$v_{CP.+P} > v_{CP.-P}, \quad (1)$$

где  $v_{CP.+P}$  – средняя скорость передвижения пассажиров при схеме организации движения с выделенной полосой для движения ГПТОП, км/ч;  $v_{CP.-P}$  – средняя скорость передвижения пассажиров при схеме организации движения без выделенной полосы для движения ГПТОП, км/ч.

Расчёт величины изменения средней скорости сообщения  $\Delta v_{CP.P}$ , определяющей целесообразность организации выделенной полосы для движения ТС ГПТОП, может быть произведён по формуле:

$$\Delta v_{CP.P} = v_{CP.+P} - v_{CP.-P}. \quad (2)$$

Организация выделенной полосы для движения ГПТОП целесообразна при  $\Delta v_{CP} > 0$ .

Значения средних скоростей передвижения пассажиров определяется как средневзвешенная величина, рассчитанная исходя из скорости движения и средней наполняемости ТС различных категорий, передвигающихся в рамках рассматриваемого участка дорожной сети по совокупности односторонних городских улиц. Вычисление данного показателя при организации выделенной полосы для движения ТС ГПТОП производится по формуле:

$$v_{CP.+P} = \frac{\sum_{i=1}^k (\bar{v} \cdot n_i \cdot \Pi_i \cdot \gamma_i + \bar{v}_c \cdot n_{iC} \cdot \Pi_i \cdot \gamma_i) + \sum_{j=1}^m (\bar{v}_P \cdot n_{jP} \cdot \Pi_{jP} \cdot \gamma_{jP})}{\sum_{i=1}^k (n_i \cdot \Pi_i \cdot \gamma_i + n_{iC} \cdot \Pi_i \cdot \gamma_i) + \sum_{j=1}^m (n_{jP} \cdot \Pi_{jP} \cdot \gamma_{jP})}, \quad (3)$$

где  $\bar{v}$  – средняя скорость сообщения ТС на рассматриваемом участке дорожной сети вне выделенной полосы, км/ч;  $n_i$  – интенсивность движения ТС  $i$ -ой категории на рассматриваемом участке дорожной сети вне выделенной полосы, ед./ч;  $\Pi_i$  – пассажировместимость ТС  $i$ -ой категории, пасс.;  $\gamma_i$  – коэффициент использования пассажировместимости  $i$ -ой категории ТС, двигающихся вне выделенной полосы;  $\bar{v}_c$  – средняя скорость сообщения ТС на смежном

участке дорожной сети, не имеющем выделенной полосы для ГПТОП, при организации выделенной полосы на рассматриваемом участке, км/ч;  $n_{iC}$  – интенсивность движения ТС  $i$ -ой категории на смежном участке дорожной сети при организации выделенной полосы на рассматриваемом участке, ед./ч;  $\bar{v}_p$  – средняя скорость сообщения при движении ТС по выделенной полосе, км/ч;  $n_{jP}$  – интенсивность движения ТС  $j$ -ой категории, двигающихся по выделенной полосе, ед./ч;  $\Pi_{jP}$  – пассажировместимость ТС  $j$ -ой категории, двигающихся по выделенной полосе, пасс.;  $\gamma_{jP}$  – коэффициент использования пассажировместимости  $j$ -ой категории ТС, двигающихся по выделенной полосе;  $k$  – количество категорий ТС, движущихся вне выделенной полосы;  $m$  – количество категорий ТС, движущихся по выделенной полосе.

Средняя скорость передвижения пассажиров при отсутствии выделенной полосы на рассматриваемом участке дорожной сети определяется по аналогичной формуле, не имеющей слагаемых, учитывающих характер движения ТС по выделенной полосе:

$$v_{CP.-P} = \frac{\bar{v} \cdot \left( \sum_{i=1}^k n_i \cdot \Pi_i \cdot \gamma_i + \sum_{j=1}^m n_{jP} \cdot \Pi_{jP} \cdot \gamma_{jP} \right) + \bar{v}_C \cdot \sum_{i=1}^k (n_{iC} \cdot \Pi_i \cdot \gamma_i)}{\sum_{i=1}^k (n_i \cdot \Pi_i \cdot \gamma_i + n_{iC} \cdot \Pi_i \cdot \gamma_i) + \sum_{j=1}^m (n_{jP} \cdot \Pi_{jP} \cdot \gamma_{jP})}. \quad (4)$$

Величина изменения средней скорости передвижения пассажира ( $\Delta v_{CP.P}$ ), обусловленного организацией выделенной полосы, может быть определена на основе следующей системы выражений, применяемых в зависимости от соотношения пропускной способности участка дорожной сети и фактической интенсивности транспортных потоков:

$$\Delta v_{CP.P} = \begin{cases} \Delta v1_{CP.P}, \text{если } n^+ = M_H \cdot (b_{общ} - b_{P}) \cdot \frac{t_p}{t_u}; \quad n_C^+ = M_{HC} \cdot b_C \cdot \frac{t_{PC}}{t_{uC}} \\ \Delta v2_{CP.P}, \text{если } n^+ < M_H \cdot (b_{общ} - b_{P}) \cdot \frac{t_p}{t_u}; \quad n_C^+ \leq M_{HC} \cdot b_C \cdot \frac{t_{PC}}{t_{uC}} \\ \Delta v3_{CP.P}, \text{если } n^+ = M_H \cdot (b_{общ} - b_{P}) \cdot \frac{t_p}{t_u}; \quad n^- < M_H \cdot b_{общ} \cdot \frac{t_p}{t_u}; \quad n_C^+ \leq M_{HC} \cdot b_C \cdot \frac{t_{PC}}{t_{uC}} \end{cases}, \quad (5)$$

где  $M_H$  – величина потока насыщения одной полосы для заданных условий на рассматриваемом участке дорожной сети, ед/ч;  $M_{HC}$  – величина потока насыщения одной полосы для заданных условий на смежном участке дорожной сети, ед/ч;  $b_{общ}$  – общее количество полос проезжей части на рассматриваемом участке дорожной сети, ед.;  $b_C$  – количество полос проезжей части на смежном участке дорожной сети, ед.;  $b_P$  – количество выделенных полос для движения ТС ГПТОП (как правило,  $b_P = 1$ ), ед.;  $n^+$  и  $n^-$  – приведённая интенсивность движения ТС на рассматриваемом участке дорожной сети вне выделенной полосы при её наличии и отсутствии, соответственно, ед./ч;  $n_C^+$  – приведённая интенсивность движения ТС на смежном участке дорожной сети при наличии выделенной полосы на рассматриваемом участке, ед./ч;  $t_p$  – продолжительность разрешающей фазы регулирования светофорного

объекта, расположенного в конце рассматриваемого участка дорожной сети, с;  $t_{Ц}$  – продолжительность цикла регулирования светофорного объекта, расположенного в конце рассматриваемого участка дорожной сети, с;  $t_{PC}$  – продолжительность разрешающей фазы регулирования светофорного объекта, расположенного в конце смежного участка дорожной сети, с;  $t_{ЦС}$  – продолжительность цикла регулирования светофорного объекта, расположенного в конце смежного участка дорожной сети, с.

Для насыщенных транспортных потоков расчёт величины  $\Delta v_{CP,II}$  производится по формуле:

$$\Delta v_{1,CP,II} = \frac{\sum_{i=1}^k (n_i^+)^2 \cdot L_{di} \cdot \Pi_i \cdot \gamma_i - \sum_{i=1}^k (n_i^-)^2 \cdot L_{di} \cdot \Pi_i \cdot \gamma_i + \left( \frac{v_n - \sum_{i=1}^k (L_{di} \cdot n_i^2)}{1000 \cdot \sum_{i=1}^k (n_i)} \right) \cdot \sum_{j=1}^m \left( \sum_{a=1}^M \left( \frac{1}{I_{ia}} \right) \cdot \Pi_{j,II} \cdot \gamma_{j,II} \right) + \sum_{i=1}^k (n_{iC}^+)^2 \cdot L_{di} \cdot \Pi_i \cdot \gamma_i - \sum_{i=1}^k (n_{iC}^-)^2 \cdot L_{di} \cdot \Pi_i \cdot \gamma_i}{1000 \cdot \sum_{i=1}^k (\Pi_i \cdot \gamma_i \cdot (n_i^- + n_{iC}^-)) + \sum_{j=1}^m (\Pi_{j,II} \cdot \gamma_{j,II})}. \quad (6)$$

Для ненасыщенных транспортных потоков расчёт величины  $\Delta v_{CP,II}$  производится при помощи выражения:

$$\Delta v_{2,CP,II} = \frac{v^+ \cdot \sum_{i=1}^k (n_i^+ \cdot \Pi_i \cdot \gamma_i) - v^- \cdot \sum_{i=1}^k (n_i^- \cdot \Pi_i \cdot \gamma_i) + (v_n^+ - v_n^-) \cdot \sum_{j=1}^m (\Pi_{j,II} \cdot \gamma_{j,II}) + v_C^+ \cdot \sum_{i=1}^k (n_{iC}^+ \cdot \Pi_i \cdot \gamma_i) - v_C^- \cdot \sum_{i=1}^k (n_{iC}^- \cdot \Pi_i \cdot \gamma_i)}{\sum_{i=1}^k (n_i \cdot \Pi_i \cdot \gamma_i + n_{iC} \cdot \Pi_i \cdot \gamma_i) + \sum_{j=1}^m (\Pi_{j,II} \cdot \gamma_{j,II})}, \quad (7)$$

а при достижении порога насыщения после организации выделенной полосы:

$$\Delta v_{3,CP,II} = \frac{\sum_{i=1}^k (n_i^+)^2 \cdot L_{di} \cdot \Pi_i \cdot \gamma_i - v^- \cdot \sum_{i=1}^k (n_i^- \cdot \Pi_i \cdot \gamma_i) + \left( \frac{v_n - \sum_{i=1}^k (L_{di} \cdot n_i^2)}{1000 \cdot \sum_{i=1}^k (n_i)} \right) \cdot \sum_{j=1}^m \left( \sum_{a=1}^M \left( \frac{1}{I_{ia}} \right) \cdot \Pi_{j,II} \cdot \gamma_{j,II} \right) + \sum_{i=1}^k (n_{iC}^+)^2 \cdot L_{di} \cdot \Pi_i \cdot \gamma_i - v_C^- \cdot \sum_{i=1}^k (n_{iC}^- \cdot \Pi_i \cdot \gamma_i)}{1000 \cdot \sum_{i=1}^k (\Pi_i \cdot \gamma_i \cdot (n_i^- + n_{iC}^-)) + \sum_{j=1}^m (\Pi_{j,II} \cdot \gamma_{j,II})}. \quad (8)$$

При проведении расчёта принято допущение, что в случае поступления на рассматриваемый участок дорожной сети транспортных потоков с интенсивностью, превышающей его пропускную способность, происходит перераспределение транспортных потоков на смежный участок дорожной сети. При этом пропускная способность смежного участка должна быть выше интенсивности общего транспортного потока. При невыполнении данного условия ( $n_C^+ > M_{HC} \cdot b$ ) формируется затор как на рассматриваемом, так и на смежном участках дорожной сети. Принимается решение о нецелесообразности организации выделенной полосы ГПТОП.

Последовательность действий, позволяющих реализовать данную методику, определяется алгоритмом, схема которого приведена на рисунке 2. Таким образом, решена вторая и третья поставленные задачи.

В третьем разделе представлено описание методов экспериментальных исследований, проведённых с целью определения зависимостей, описывающих характер влияния организации выделенной полосы для движения ГПТОП на изменение средней скорости передвижения пассажира в рамках рассматриваемого участка дорожной сети при различных значениях параметров проезжей части, транспортных потоков и организации дорожного движения.

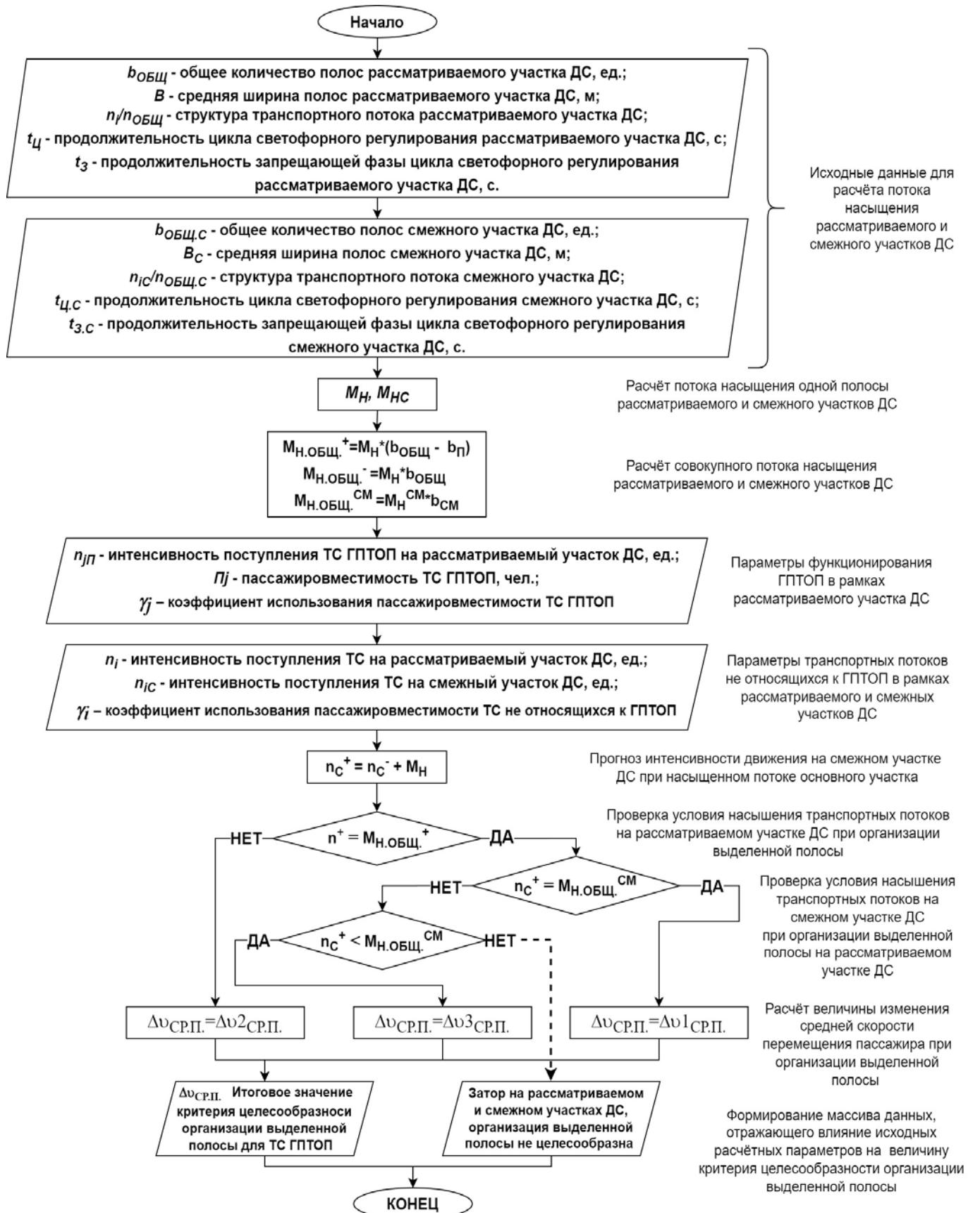


Рисунок 2 – Схема алгоритма расчёта изменения средней скорости передвижения пассажира, обусловленного организацией выделенной полосы на рассматриваемом участке дорожной сети (аббревиатурой ДС обозначена дорожная сеть)

Условия движения ТС на участке дорожной сети описываются множеством параметров, каждый из которых оказывает определённое влияние на результат, получаемый в процессе моделирования.

Анализ расчётных формул разработанной математической модели позволил определить полный перечень учитываемых параметров, включающий в себя три-надцать переменных.

Для оценки вариативности и характера влияния рассматриваемых переменных на величину предложенного критерия оценки целесообразности организации выделенной полосы для движения ГПТОП, проведено выборочное обследование участков магистральных улиц городской дорожной сети, включённых в маршрутные схемы ГПТОП, имеющих более одной полосы для движения ТС в заданном направлении и оснащённых средствами светофорного регулирования движения.

Выбор участков городской дорожной сети, отобранных для проведения натурного обследования, основан на подходе, обеспечивающем представительность исследуемой выборки, то есть наличие в выборке участков, отражающих полный спектр ключевых параметров.

Оценка степени влияния каждой рассматриваемой переменной на величину искомого критерия ( $\Delta v_{CP.P}$ ) определяется, исходя из величины модуля разности значений данного критерия, определённых при максимальном и минимальном значении переменной:

$$\Delta(\Delta v_{CP.P}) = |(\Delta v_{CP.P}(X_{MAX}) - \Delta v_{CP.P}(X_{MIN}))|, \quad (9)$$

где  $X$  – параметр, характеризующий условия движения ТС на участке дорожной сети;  $\Delta(\Delta v_{CP.P})$  – критерий оценки степени влияния параметра  $X$  на величину исследуемой функции;  $\Delta v_{CP.P}(X_{MAX})$  – значение искомой функции при величине параметра  $X = X_{MAX}$ ;  $\Delta v_{CP.P}(X_{MIN})$  – значение искомой функции при величине параметра  $X = X_{MIN}$ .

В соответствии с предлагаемой методикой, по результатам ранжирования определяются три наиболее значимых фактора. В пространстве, сформированном данными факторами, осуществляется построение области целесообразной организации выделенной полосы.

Исходные данные для построения данной области определяются по результатам проведения модельного эксперимента, предполагающего использование математической модели, разработанной на основании предложенной методики.

Схема алгоритма, отражающего последовательность действий, производимых при проведении модельного эксперимента, приведена на рисунке 3.

Таким образом, разработана методика экспериментальных исследований, проведение которых позволит решить четвёртую поставленную задачу.

**В четвёртом разделе** представлены результаты практического применения разработанной методики в отношении участков дорожной сети г. Краснодара.

Для решения данной задачи выполнен выборочный анализ расписаний движения ТС на маршрутах ГПТОП, проходящих по участкам улиц, имеющих более одной полосы одного направления, и проведены натурные обследования интен-

сивности движения ТС, не относящихся к ГПТОП, на тех же участках улиц в часы пиковых транспортных нагрузок.

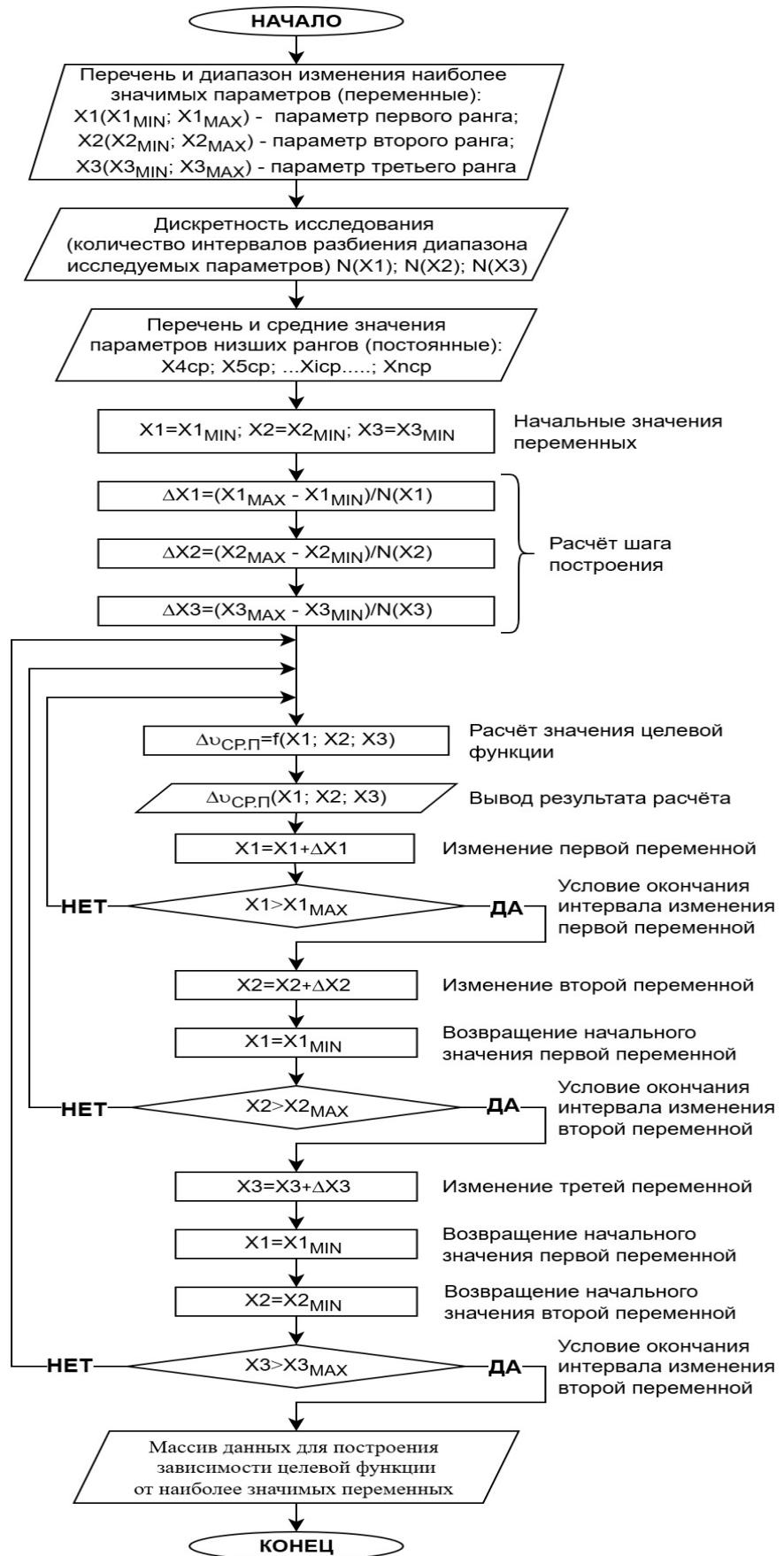


Рисунок 3 – Схема алгоритма проведения модельного эксперимента

На основании данных натурного обследования установлены диапазоны изменения исследуемых параметров, их средние значения и степень влияния на значение целевой функции. По результатам исследования параметров модельного эксперимента проведено ранжирование факторов, оказывающих влияние на величину средней скорости передвижения пассажиров на рассматриваемом участке дорожной сети.

Установлено, что три наиболее значимых фактора выстраиваются в следующей последовательности в порядке убывания значимости:

- 1) отношение продолжительности разрешающей фазы светофорного регулирования к полной продолжительности цикла светофорного регулирования рассматриваемого участка дорожной сети ( $t_{PC}/t_{ЦС}$ );
- 2) интенсивность движения ТС ГПТОП ( $n_{II}$ );
- 3) приведённая интенсивность движения ТС, не относящихся к ГПТОП, на рассматриваемом участке дорожной сети ( $n$ ).

Указанные переменные оказывают решающее влияние на величину принятого в работе целевого показателя и, как следствие, формируют условия обоснования организации выделенных полос на участке дорожной сети.

На основе анализа результатов моделирования получены зависимости, отражающие характер влияния наиболее значимых факторов на эффективность организации выделенной полосы для движения ТС ГПТОП. Данные зависимости представлены на рисунках 4 и 5. Построена трёхмерная поверхность, являющаяся границей трёхмерной области целесообразной организации выделенных полос для движения ТС ГПТОП. Графически данная поверхность представлена на рисунке 6.

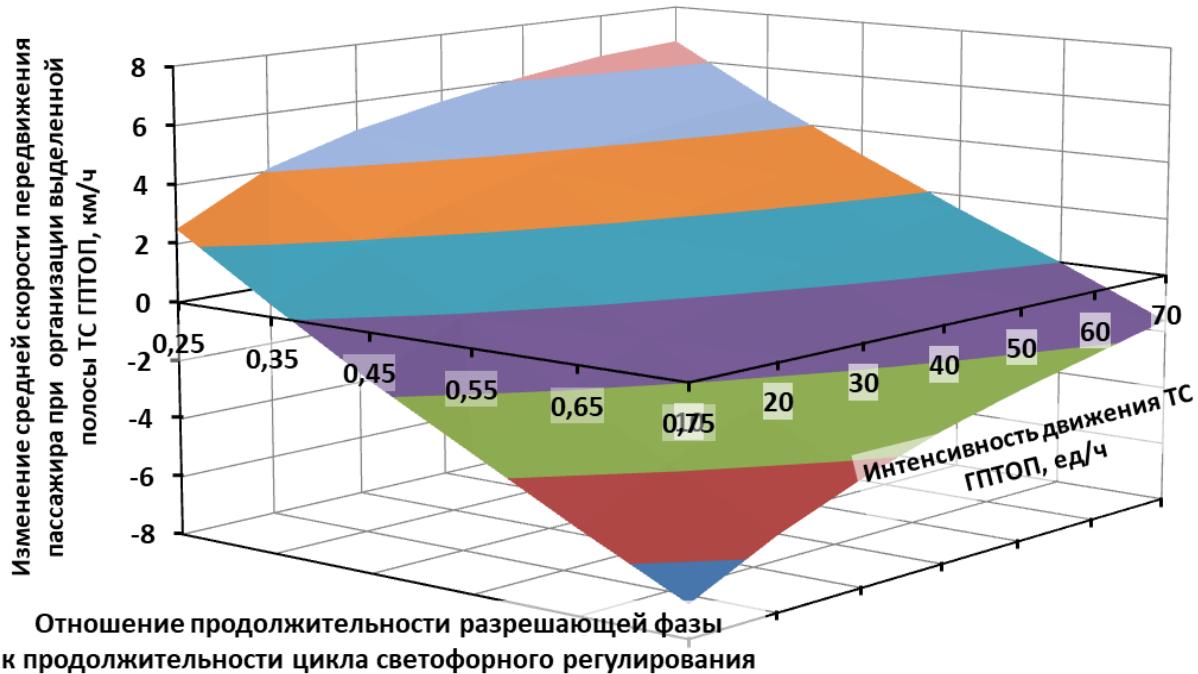


Рисунок 4 – Зависимость изменения средней скорости передвижения пассажиров при организации выделенной полосы для движения ТС ГПТОП от интенсивности их движения и отношения продолжительности разрешающей фазы к продолжительности цикла светофорного регулирования

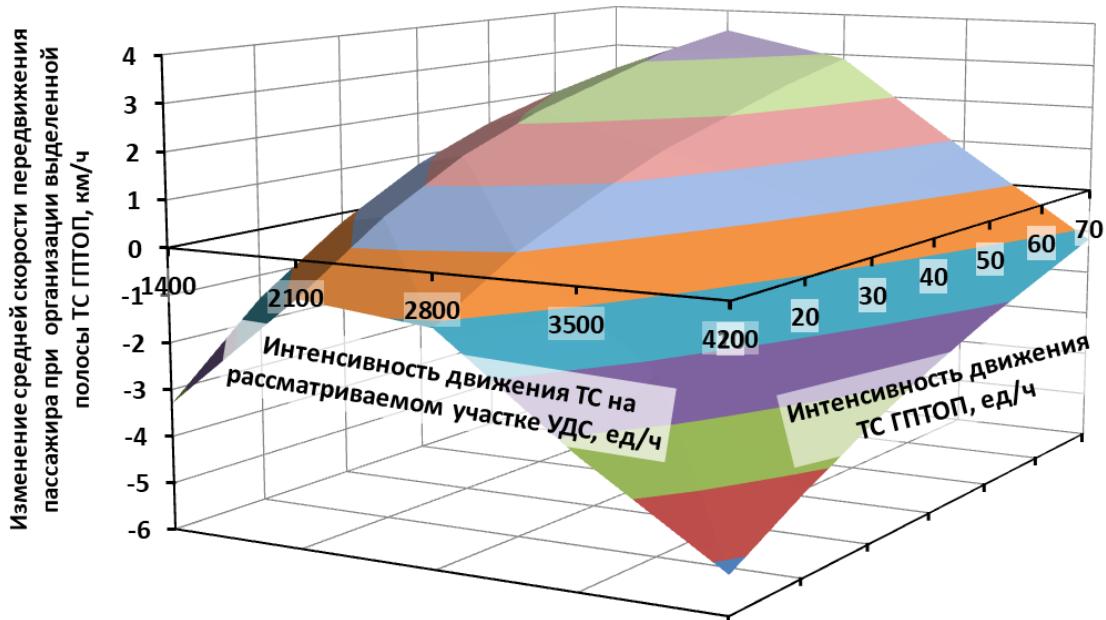


Рисунок 5 – Зависимость изменения средней скорости передвижения пассажиров при организации выделенной полосы для движения ТС ГПТОП от интенсивности их движения и интенсивности движения ТС, не относящихся к ГПТОП

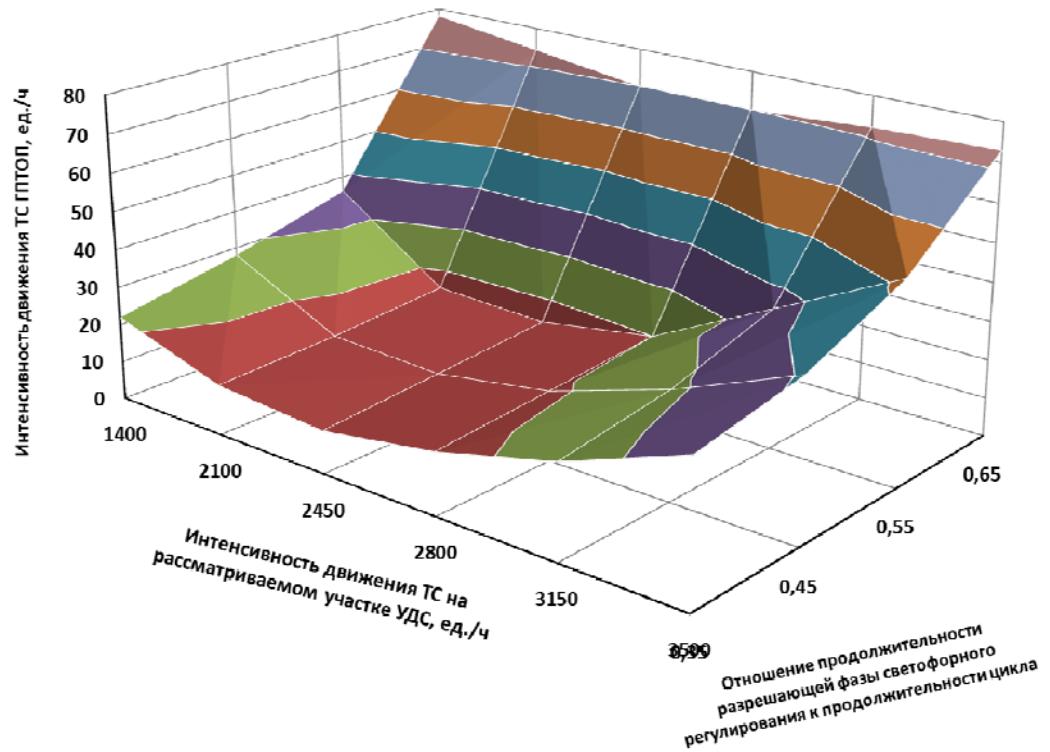


Рисунок 6 – Область целесообразной организации выделенных полос для движения ТС ГПТОП

Интерполяцией полученного массива данных установлено неравенство, позволяющее определить значения интенсивности движения ТС ГПТОП на рассматриваемом участке дорожной сети, определяющие целесообразность организации выделенной полосы на рассматриваемом участке дорожной сети при заданной интенсивности транспортного потока и установленных параметрах светофорного регулирования. При средней ошибке аппроксимации  $\Delta = 8,4 \%$ , формула имеет вид:

$$n_{II} > 0,0171 \cdot n + 227,43 \cdot \left( \frac{t_{PC}}{t_{UC}} \right) - 0,0251 \cdot n \cdot \left( \frac{t_{PC}}{t_{UC}} \right) - 88,92, \quad (10)$$

где  $n_{II}$  – интенсивность движения ТС ГПТОП на рассматриваемом участке дорожной сети, ед/ч;  $n$  – интенсивность движения ТС, не относящихся к ГПТОП, на рассматриваемом участке дорожной сети, ед/ч.

Полученное выражение может быть использовано для предварительной оценки целесообразности организации выделенной полосы для движения ТС ГПТОП на участках городской дорожной сети.

Организация выделенных полос приводит к ещё более заметному, по сравнению со средней скоростью передвижения пассажиров, увеличению скорости сообщения ТС ГПТОП. Прирост скорости сообщения ТС ГПТОП обеспечивает снижение времени оборотного рейса и, как следствие, создаёт предпосылки для уменьшения количества ТС, обслуживающих городские маршруты, при неизменной регулярности движения подвижного состава. Данная тенденция способствует повышению экономических показателей работы ГПТОП.

Таким образом, решена четвертая задача диссертационного исследования.

**В пятом разделе** проведены результаты оценки эффективности практической реализации разработанной методики. Исходные данные получены в ходе проведения аналитических исследований и натурных экспериментов, описанных в предыдущем разделе.

Разработанная методика была реализована в отношении дорожной сети города Краснодара. На предварительном этапе реализации произведён отбор участков городских улиц, по которым проходят маршруты ГПТОП, имеющие более двух полос для движения в одном из направлений. Исходя из данных, полученных по результатам обследования, в соответствии с методикой, описанной в предыдущих разделах работы, для каждого участка произведён расчёт изменения средней скорости передвижения пассажиров, обусловленного организацией выделенной полосы для движения ТС ГПТОП. Результаты расчётов приведены в таблице 1.

Установлены участки дорожной сети, на которых целесообразна организация выделенных полос. Произведён расчёт времени сокращения оборотных рейсов, обусловленного внедрением данного мероприятия. Суммирование полученных данных в отношении каждого городского маршрута, проходящего через данные участки, позволило определить общую величину сокращения времени оборотных рейсов.

По итогам расчёта установлено, что организация выделенных полос позволяет сократить время оборотных рейсов в среднем на 5,4 мин. при максимальном значении 13,5 мин.

Кроме того, внедрение выделенных полос позволяет сократить численность парка ТС на 9 маршрутах по одному транспортному средству большого класса на каждом. При этом достигается годовая экономия эксплуатационных затрат в объёме 78 млн. 120 тыс. руб.

Таким образом, решена пятая поставленная задача.

Таблица 1 – Результаты расчёта изменения средней скорости передвижения пассажиров на рассматриваемых участках дорожной сети г. Краснодара, обусловленного организацией выделенной полосы для движения ТС ГПТОП

№ участка	Изменение средней скорости передвижения пассажиров, км/ч	Целесообразность организации выделенной полосы	Направление выделенной полосы	Сокращение времени оборотного рейса, мин
1	2	3	4	5
1.1	0,5	ДА	Прямое/Обратное	0,64
1.2	0	НЕТ	Прямое/Обратное	-
1.3	0,8	ДА	Прямое/Обратное	0,3
1.4	-2,2	НЕТ	Прямое/Обратное	-
1.5	-3,3	НЕТ	Прямое/Обратное	-
2.1	3,6	ДА	Прямое/Обратное	1,56
2.2	2,7	ДА	Прямое/Обратное	0,94
2.3	2,2	ДА	Прямое/Обратное	3,9
2.4	2,6	ДА	Прямое/Обратное	1,9
3.1	1,1	ДА	Прямое	0,61
3.2	1,1	ДА	Прямое/Обратное	1,14
3.3	1,6	ДА	Прямое/Обратное	2,42
4.1	2,9	ДА	Прямое/Обратное	0,9
5.1	3,1	ДА	Прямое/Обратное	2,64
5.2	-0,2	НЕТ	Прямое/Обратное	-
6.1	-2,1	НЕТ	Прямое/Обратное	-
6.2	-2,0	НЕТ	Прямое/Обратное	-
6.3	2,4	ДА	Прямое/Обратное	0,34
6.4	3,1	ДА	Прямое/Обратное	2,24
6.5	2,2	ДА	Прямое/Обратное	0,68
7.1	0,2	ДА	Прямое/Обратное	1,44
8.1	-1,8	НЕТ	Прямое/Обратное	-
8.2	-2,7	НЕТ	Прямое/Обратное	-
9.1	-3,2	НЕТ	Прямое/Обратное	-

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

1. По итогам диссертационного исследования разработана методика, являющаяся инструментом для разработки мероприятий, направленных на повышение эффективности использования городской дорожной сети. Установлены условия организации выделенных полос для движения ГПТОП как одного из ключевых мероприятий, способствующих увеличению средней скорости передвижения городского населения.

2. По результатам анализа существующих условий и критериев целесообразности выделения полос для движения ГПТОП выявлено, что в настоящее время малоизучены вопросы эффективного использования выделенных полос как составной части городской дорожной сети, с учётом их фактической пропускной способности, интенсивности движения ТС, пассажиропотоков и наличия инфраструктурных объектов. Не выявлены методы оценки целесообразности организации выделенных полос с учётом перераспределения транспортных потоков на

смежные участки дорожной сети.

3. В качестве критерия оценки целесообразности организации выделенной полосы для движения ТС ГПТОП предложена величина изменения средней скорости передвижения пассажиров всех транспортных средств, обусловленного организацией выделенной полосы. Установлены теоретические положения, позволяющие произвести расчёт предложенного критерия в зависимости от условий организации движения и характеристик транспортных потоков с учётом их перераспределения на смежные участки дорожной сети.

4. На основании выдвинутых теоретических положений разработана методика оценки целесообразности организации выделенной полосы для движения транспортных средств ГПТОП на локальном участке городской дорожной сети, позволяющая учесть перераспределение транспортных потоков на смежные участки;

5. Установлено, что наиболее значимыми факторами, оказывающими влияние на величину предложенного критерия оценки целесообразности организации выделенных полос, являются: отношение продолжительности разрешающей фазы светофорного регулирования к длительности полного цикла; интенсивность движения транспортных средств ГПТОП; интенсивность движения транспортных средств, не относящихся к ГПТОП. На основе результатов модельного эксперимента определена область целесообразной организации выделенных полос в пространстве, сформированном наиболее значимыми факторами.

6. По результатам оценки социально-экономического эффекта от внедрения результатов исследования установлено, что в условиях города Краснодара возможно сокращение времени оборотного рейса на маршруте ГПТОП до 13,5 мин. при среднем значении 5,4 мин. Реализация предложенных мероприятий позволяет сократить парк транспортных средств на девяти маршрутах ГПТОП по одному транспортному средству большого класса на каждом маршруте. При сохранении регулярности движения подвижного состава обеспечена годовая экономия эксплуатационных затрат в объёме 78 млн. 120 тыс. руб.

### **Основные положения диссертации отражены в следующих работах:**

*- в журналах, входящих в перечень рецензируемых научных изданий, рекомендованных ВАК:*

1. Котенкова, И.Н. Оценка целесообразности организации выделенных полос для городского пассажирского транспорта общего пользования на участке улично-дорожной сети / И.Н. Котенкова, В.И. Рассоха, Д.А. Дрючин // Transportation and Information Technologies in Russia / Транспорт и информационные технологии. – 2025. – Т. 15, № 3. – С. 182-202.

2. Анализ методов и способов популяризации пассажирского транспорта среди населения крупных и крупнейших городов / А.А. Изюмский, И.Н. Котенкова, Т.В. Коновалова, С.Л. Надирян // International Journal of Advanced Studies. – 2025. – Т. 15, № 1. – С. 168-181.

3. Методика обеспечения приоритетных условий движения городского пассажирского транспорта / Т.В. Коновалова, С.Л. Надирян, И.Н. Котенкова, И.С. Сенин // Мир транспорта. – 2024. – Т. 22, № 2(111). – С. 70-80.

- *свидетельства о государственной регистрации программы для ЭВМ:*

4. Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2025694448. Программа расчёта изменения средней скорости перемещения пассажиров в результате введения выделенной полосы для маршрутного пассажирского транспорта / И. Н. Котенкова, В. И. Рассоха; заявитель и правообладатель ФГБОУ ВО «Кубанский гос. технологический ун-т». – Заявка № 2025693562; зарег. 05.12.2025.

5. Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2025689094 Российская Федерация. Программа обоснования целесообразности введения выделенной полосы для маршрутного пассажирского транспорта / И.Н. Котенкова, В.И. Рассоха; заявитель и правообладатель ФГБОУ ВО «Кубанский гос. технологический ун-т». – Заявка № 2025688235; зарег. 24.10.2025.

6. Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2025614011 Российская Федерация. Программа для анализа интенсивности транспортных потоков и уровня загрузки городской улично-дорожной сети / И.Н. Котенкова, П.А. Косолапов, К.В. Тыргалов [и др.]; заявитель и правообладатель ФГБОУ ВО «Кубанский гос. технологический ун-т». – Заявка № 2025611477; зарег. 31.01.2025.

- *в прочих изданиях:*

7. Дрючин, Д.А. Результаты оценки целесообразности организации выделенных полос для транспортных средств городского пассажирского транспорта общего пользования / Д.А. Дрючин, И.Н. Котенкова, В.И. Рассоха // Прогрессивные технологии в транспортных системах : материалы XX международной научно-практической конференции [электрон. дан.], Оренбург, 19-21 ноября 2025 г. – Оренбург: Оренбургский гос. ун-т, 2025. – С. 131-141.

8. Котенкова, И.Н. Целесообразность выделения полос для городского пассажирского транспорта общего пользования на участке улично-дорожной сети / И.Н. Котенкова, В.И. Рассоха // Интегрированные транспортные решения: вызовы современности и перспективы будущего : материалы Международной научно-практической конференции, Краснодар, 07–09 октября 2025 года. – Краснодар: Кубанский государственный технологический университет, Новация, 2025. – С. 214-221.

9. Коновалова, Т. В. Способы оценки пропускной способности участка городской улично-дорожной сети / Т. В. Коновалова, И. Н. Котенкова, А. Д. Козадерова // Интегрированные транспортные решения: вызовы современности и перспективы будущего : материалы Международной научно-практической конференции, Краснодар, 07–09 октября 2025 года. – Краснодар: Кубанский государственный технологический университет, Новация, 2025. – С. 187-193.

10. Коновалова, Т.В. Совершенствование организации движения городского пассажирского транспорта общего пользования на примере г. Краснодара / Т.В. Коновалова, И.Н. Котенкова, А.Д. Козадерова // Актуальные вопросы организации автомобильных перевозок, безопасности движения и эксплуатации транспортных средств : сборник научных трудов по материалам XX международной научно-технической конференции, Саратов, 24 июня 2025 г. – Саратов: Саратовский гос. технический ун-т им. Гагарина Ю.А., 2025. – С. 21-26.

11. Котенкова, И.Н. К вопросу о приоритетном праве проезда пассажирского транспорта в городах / И.Н. Котенкова, Е.А. Лебедев, В.И. Рассоха // Прогрессивные технологии в транспортных системах : материалы XIX всероссийской научно-практической конференции с международным участием, Оренбург, 20-22 ноября

2024 г. – Оренбург: Оренбургский гос. ун-т, 2024. – С. 239-248.

12. Роль транспорта общего пользования в формировании социальной сферы городских территорий / Д.А. Дрючин, Т.В. Коновалова, И.Н. Котенкова [и др.] // Наука. Техника. Технологии (политехнический вестник). – 2024. – № 2. – С. 29-32.

13. Сенин, И.С. Анализ работы маршрутного пассажирского транспорта на примере различных городов / И.С. Сенин, И.Н. Котенкова, А.А. Маслов // Наука. Техника. Технологии (политехнический вестник). – 2023. – № 2. – С. 149-156.

Подписано в печать 15.01.2026 г. Формат 60 x 90 / 16  
Тираж 100 экз.

Отпечатано в печатном салоне «Призма»  
г. Оренбург, ул. Терешковой, 10/3