

На правах рукописи



ЛИХАЧЕВ ДМИТРИЙ ВАЛЕРЬЕВИЧ

**ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ЛЕВОПОВОРОТНОГО
ДВИЖЕНИЯ В ЗОНЕ РЕГУЛИРУЕМОГО ПЕРЕКРЕСТКА**

Специальность 05.22.10 - «Эксплуатация автомобильного транспорта»

АВТОРЕФЕРАТ

диссертации на соискание ученой степени кандидата
технических наук

Орел – 2020

Работа выполнена в Федеральном государственном бюджетном образовательном учреждении высшего образования «Воронежский государственный лесотехнический университет имени Г.Ф. Морозова»

Научный руководитель:

Дорохин Сергей Владимирович
Доктор технических наук, доцент

Официальные
оппоненты:

Шемякин Александр Владимирович
доктор технических наук, доцент, заведующий кафедрой «Организация транспортных процессов и безопасность жизнедеятельности» ФГБОУ ВО «Рязанский государственный агротехнологический университет имени П.А. Костычева», г. Рязань

Пышный Владислав Александрович
кандидат технических наук, доцент кафедры «Автомобили и автомобильное хозяйство» ФГБОУ ВО «Тульский государственный университет», г. Тула

Ведущая организация:

ФГБОУ ВО «Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова», г. Белгород

Защита состоится **«12» ноября 2020г.** в 11.00 часов на заседании объединенного диссертационного совета Д 999.111.03 на базе ФГБОУ ВО «ОГУ имени И.С. Тургенева», ФГБОУ ВО «ГулГУ», ФГБОУ ВО «ЛГТУ» по адресу: 302030, г. Орел, ул. Московская, д. 77, ауд. 426 (зал защит диссертаций). С диссертацией можно ознакомиться на официальном сайте ФГБОУ ВО «Орловский государственный университет им. И.С. Тургенева» (<http://oreluniver.ru>) и в фундаментальной библиотеке по адресу по адресу: 302028, г. Орел, пл. Каменская д.1.

Автореферат разослан __ _____ 2020 г. Объявление о защите диссертации и автореферат диссертации размещены в сети Интернет на официальном сайте ФГБОУ ВО «Орловский государственный университет им. И.С. Тургенева» (<http://oreluniver.ru>) и на официальном сайте Министерства науки и высшего образования Российской Федерации (www.vak.ed.gov.ru).

Отзывы на автореферат, заверенные печатью организации в двух экземплярах направлять в диссертационный совет по адресу:

302026 г. Орел, ул. Комсомольская, д. 95.

Телефон для справок +7(960)6476660 E-mail: srmostu@mail.ru

Ученый секретарь
диссертационного совета
Д99.111.03



Васильева В.В.

1. ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность темы исследования. Основной проблемой в области организации дорожного движения сегодня, является перегруженность улично-дорожной сети. Она негативно сказывается на экологической обстановке и экономической ситуации всей страны. Пагубный эффект выражается в перерасходе топлива, а также в потерях времени водителей и пассажиров при следовании в пути. Одной из основных причин возникновения данной проблемы, являются более высокие темпы роста автомобилизации в сравнении с темпами развития улично-дорожной сети. Особенно остро заторовые ситуации наблюдаются на регулируемых участках, что свидетельствует о неэффективном способе организации дорожного движения – схеме пофазного разезда.

Актуальность темы определяется необходимостью разработки алгоритма выбора необходимого способа организации движения левоповоротного потока в зоне регулируемого перекрестка с учетом анализа конфликта «левый поворот-прямой конфликтующий поток» с учетом изменения показателей основных характеристик транспортного потока (скорость движения, задержки транспортных средств, длина очереди).

Степень разработанности темы. Работы в этой области безопасности дорожного движения ведутся в научных и высших образовательных учреждениях, таких как: НИИАТ, ГОСНИТИ, МАДИ, СГТУ и других организациях. Рассматриваемым направлением исследования занимались Кременец М.Ю., Афанасьев М.Б., Поляков А.А., Дрю Д., Клинковштейн Г.И., Корчагин В.А., Лобанов Е.М., Михайлов А.Ю., Новиков А.Н., Сильянов В.В., Якимов М.Р., Берри Д., и др. ученые.

В результате выполненных работ предложен ряд методов и средств, позволяющих оценить эффективность принудительного управления транспортными потоками. Однако в трудах этих ученых недостаточно рассматриваются вопросы выбора необходимого способа организации движения левоповоротного потока в зоне регулируемого перекрестка с учетом изменения основных характеристик транспортного потока (скорость, длина очереди, задержки транспортных средств).

Цель работы – повысить безопасность дорожного движения и снизить потери времени участников дорожного движения путем эффективной организации движения левоповоротного потока в зоне регулируемого перекрестка.

Для достижения цели были поставлены следующие взаимосвязанные задачи:

1. Выполнить анализ существующих методов организации движения левоповоротного потока в зоне регулируемого перекрестка.

2. Теоретически обосновать основные виды организации движения левоповоротного потока в зоне регулируемого перекрестка (специализированная фаза, удлиненная фаза, движение в одной фазе).

3. Разработать алгоритм выбора необходимого способа организации движения левоповоротного потока в зоне регулируемого перекрестка в результате анализа конфликта «левый поворот-прямой конфликтующий поток» с учетом изменения основных характеристик транспортного потока (длина очереди, скорость, задержки).

4. Разработать математическую модель определения необходимого способа организации движения левоповоротного потока в зоне регулируемого перекрестка с учетом различных видов левоповоротных маневров (специализированная фаза, удлинненная фаза, движение в одной фазе).

5. Осуществить оценку предложенной математической модели с помощью определения эколого-экономических показателей с использованием продуктов имитационного моделирования.

Объект исследования – процесс движения транспортных средств в зоне регулируемого перекрестка.

Предмет исследования – конфликт «левый поворот-прямой конфликтующий поток» в зоне регулируемого перекрестка.

Научная новизна исследования заключается в разработке теоретико-методологических подходов к повышению эффективности движения левоповоротного потока в зоне регулируемого перекрестка с учетом анализа конфликта и изменения основных характеристик транспортного потока и отражается в положениях, выносимых на защиту:

1. Путем корреляционного анализа установлены зависимости между натурными (X_n), и модельными (X_m) параметрами интенсивности, позволяющими выполнить адаптивное транспортное моделирование при осуществлении левоповоротного движения и снизить время задержки транспорта.

2. На основе разработанной математической модели установлены предельные значения сочетания критических интенсивностей для левого поворота и прямого конфликтующего потока, характеризуемого коэффициентом соотношения.

3. На основе разработанного алгоритма принятия решения установлены коэффициенты соотношения, позволяющие осуществить выбор необходимого способа организации движения левоповоротного потока в зоне регулируемого перекрестка.

Теоретическая и практическая значимость работы. Разработаны научные подходы и методика ввода необходимого способа организации движения левого поворота.

Разработан алгоритм выбора необходимого способа организации движения левоповоротного потока в зоне регулируемого перекрестка в результате анализа конфликта «левый поворот-прямой конфликтующий поток» с учетом изменения основных характеристик транспортного потока (длина очереди, скорость, задержки).

Разработана математическая модель определения необходимого способа организации движения левоповоротного потока в зоне регулируемого

перекрестка с учетом различных видов левоповоротных маневров (специализированная фаза, удлиненная фаза, движение в одной фазе).

Выполнена оценка предложенной математической модели с помощью определения эколого-экономических показателей с использованием продуктов имитационного моделирования.

Методология и методы исследования. Диссертационное исследование выполнено на основе трудов ведущих отечественных и зарубежных ученых в области организации дорожного движения, в числе которых Ю.А. Врубель, М.Ю. Кременец, М.Б. Афанасьев, А.А. Поляков, Д. Дрю, Г.И. Клинковштейн, В.А. Корчагин, Е.М. Лобанов, А.Ю. Михайлов, А.Н. Новиков, П. Пржибыл, В.В. Сильянов, М.Р. Якимов, Д. Берри, А. Миллер, Ф. Вебстер, Б. Кобб, Б. Петерсени многие другие специалисты. Теоретико-методологической основой исследования явились натурные наблюдения, статистический анализ, математическое моделирование, экспериментальные методы обследования транспортных потоков.

Положения, выносимые на защиту:

1. Методика ввода необходимого способа организации движения левого поворота в зоне регулируемого перекрестка.

2. Алгоритм выбора необходимого способа организации движения левого поворота в зоне регулируемого перекрестка в результате анализа конфликта «левый поворот – прямой конфликтующий поток».

3. Математическая модель определения необходимого способа организации движения левоповоротного потока в зоне регулируемого перекрестка с учетом различных левоповоротных маневров.

4. Результаты экспериментальных исследований на УДС г. Воронежа с определением изменения экономических и экологических показателей.

Информационная база исследования. Законодательные и нормативные правовые акты, Транспортная стратегия Российской Федерации, Федеральные и региональные целевые программы развития транспортных систем, материалы федеральных и региональных органов власти и управлений, статистические данные.

Степень достоверности результатов. Достоверность результатов подтверждается большим объемом экспериментального материала, применением математических методов определения способа организации движения на регулируемых перекрестках – пофазного разезда и проведением апробации на регулируемых участках г. Воронеж.

Соответствие диссертационной работы паспорту специальности. Выполненные исследования отвечают формуле паспорта научной специальности 05.22.10 – «Эксплуатация автомобильного транспорта» по пункту 1 «Место и роль автомобильного транспорта в транспортной системе страны, взаимодействие с природой, обществом, прогнозы и пути развития автотранспортного комплекса страны», пункту 6 «Организация безопасности перевозок и движения, обоснование и разработка требований и рекомендаций по методам подбора, подготовки, контроля состояния и режимам труда и отдыха водителей» и пункту 7 «Исследования в области безопасности».

движения с учетом технического состояния автомобиля, дорожной сети, организации движения автомобилей; проведение дорожно-транспортной экспертизы».

Апробация работы. Основные положения и результаты исследования доложены, обсуждены и одобрены на Международных научно-практических конференциях и форумах: «Информационные технологии и инновации на транспорте» (Орел 2015); «Актуальные вопросы инновационного развития транспортного комплекса» (Орел, 2016, 2018, 2019); «Проблемы качества и эксплуатации автотранспортных средств: организация автомобильных перевозок и безопасность дорожного движения» (Пенза 2016); «Современные автомобильные материалы и технологии» (Курск 2016); «Научно-технические аспекты комплексного развития транспортной отрасли» (Донецк, 2016, 2017, 2018); «Университетская наука – 2016» (Мариуполь, 2016); «Организация и безопасность дорожного движения» (Гюмень 2018); Ежегодно обсуждались на заседаниях кафедры автомобилей и сервиса воронежского государственного лесотехнического университета имени Г.Ф. Морозова, а так же на расширенных заседаниях кафедры сервиса и ремонта машин Политехнического института имени Н.Н. Поликарпова Орловского государственного университета имени И.С. Тургенева.

Реализация результатов работы. Основные теоретические результаты исследования реализованы в виде алгоритма определения необходимого способа организации движения левоповоротного потока в зоне регулируемого перекрестка с целью эффективного управления транспортными потоками и апробированы в реальных условиях городской территории г. Воронеж, рекомендованы к внедрению МБУ «ЦОДД», ГИБДД ГУ МВД России по Воронежской области и ОГИБДД УМВД России по г. Воронежу.

Материалы исследования используются в учебном процессе при обучении бакалавров и магистров по дисциплинам «Технические средства организации дорожного движения», «Организация дорожного движения» на кафедре «Организации перевозок и безопасности движения» Воронежского государственного лесотехнического университета имени Г.Ф. Морозова.

Публикации. Основные положения диссертации опубликованы в 24 статьях, в том числе 5 в ведущих изданиях, из перечня рецензируемых научных журналов и изданий для опубликования основных научных результатов диссертаций, 3 в изданиях, включенных в зарубежную аналитическую базу данных SCOPUS и WoS и получено 2 патента на изобретение RUS 2491648, RUS 2690138.

Структура и объем работы. Диссертация состоит из введения, четырех глав, заключения, списка литературы из 115 наименований и пяти приложений. Текст диссертации изложен на 147 страницах, включает 33 таблиц, 73 рисунка.

2. ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Во введении обоснована актуальность проблемы, определены цели и задачи исследования, раскрыты научная новизна, практическая ценность и основные положения, выносимые на защиту.

В первой главе выполнен анализ основных параметров, используемых при расчете регулируемых перекрестков, определены составляющие каждого типа характеристик (геометрических и транспортных). Определено, что существует некоторое расхождение в представлении используемых параметров, на основании анализа зарубежного и российского опыта, в связи с чем существует необходимость определения оптимального количества входящих параметров, используемых в дальнейшем для расчетов основных величин регулируемого перекрестка.

Исследование основных параметров, используемых в расчете режима светофорного регулирования, в России и в зарубежных странах, установлены различные подходы к их определению. При использовании определенных подходов в расчете длительности цикла можно получить различные данные, что в последствии приведет к возникновению транспортной проблемы на рассчитываемом участке. В связи с различностью подходов в определении цикла, необходимо определение оптимального с использованием возможной схемы организации движения (ввода левого поворота) и уточнение методики расчета длительности цикла при его вводе. Определена необходимость исследования данной области и уточнение методики расчета длительности цикла с учетом и без учета специализированной фазы для выполнения левого поворота.

В результате синтеза существующих научных подходов к вводу левоповоротного направления в специализированной фазе, установлено что существует множество подходов к выбору организации схемы дорожного движения на регулируемых участках. Особое внимание в данном вопросе занимает ввод специализированной фазы для выполнения левого поворота, в основном данный выбор осуществляется инженером-проектировщиком, основываясь в основном на спросе на выполнение левого поворота, без анализа основных характеристик транспортного потока, а именно длины очереди, скорости движения и задержек транспортных средств. В связи с малой степенью проработки данного вопроса необходимым мероприятием является разработка научно-методологических основ для определения необходимого способа организации движения левоповоротного потока в зоне регулируемого перекрестка с использованием основных параметров транспортных характеристик.

Во второй главе выполнен анализ транспортной сети г. Воронеж, в результате которого определены основные регулируемые участки с организацией различных способов движения левоповоротного потока.

Транспортная сеть города Воронежа сегодня представлена различными участками дорожной сети, на которых используются разного года схемы организации дорожного движения – транспортные двухуровневые развязки,

кольцевые развязки, регулируемые с помощью светофоров участки дорожной сети.

Согласно выполненным исследованиям по основным нагруженным регулируемым участкам центральной части города Воронеж установлено что существующие схемы (планы координации) на многих регулируемых участках на сегодняшний день являются не эффективными, о чем свидетельствуют высокие показатели задержек транспортных средств и заторовые ситуации. В результате анализа основных регулируемых перекрестков г. Воронежа, было установлено что на сегодняшний день имеется несколько способов организации движения левоповоротного потока, которые заключаются в следующем:

1. Организация движения левого поворота совместно с прямым движением из одной полосы в одной фазе регулирования («способ 1») (рис. 1).

2. Организация движения левого поворота из специализированной полосы в одной фазе регулирования («способ 2») (рис. 2).

3. Организация левого поворота из специализированной полосы совместно с использованием «удлиненной фазы регулирования» («способ 3») (рис. 3).

4. Организация левого поворота из специализированной полосы в специализированной фазе регулирования («способ 4») (рис. 4).

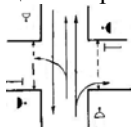


Рисунок 1 –
Организация
левого поворота
«способ 1»

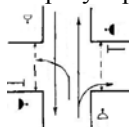


Рисунок 2 –
Организация
левого поворота
«способ 2»

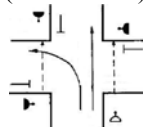


Рисунок 3 –
Организация
левого поворота
«способ 3»

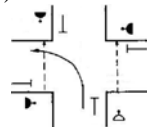


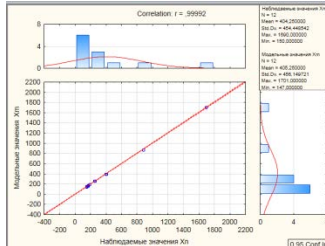
Рисунок 4 –
Организация
левого поворота
«способ 4»

Для оценки существующей ситуации на выбранных объектах исследования в специализированном программном продукте Aimsun 7.0. выполнена процедура моделирования с целью анализа существующей ситуации и определения основных параметров транспортного потока при осуществлении левоповоротного движения – задержки транспортных средств, длина очереди на рассматриваемой полосе и скорость движения автомобилей.

При использовании специализированного программного продукта основным вопросом является достоверность полученных результатов, в связи с этим выполнена оценка адекватности создаваемой модели, которую возможно определить, используя процедуру валидации. При помощи программного комплекса STATISTIKA предназначенного для проведения статистического анализа определим коэффициент корреляции наблюдаемых значений (X_n), и модельных значений (X_m) (рис. 5).

Корреляционный анализ позволил выявить статистические зависимости между натурными и модельными параметрами интенсивности (рис. 5).

Параметры интенсивности модельные (X_m) коррелируют с наблюдаемыми значениями (X_n). Коэффициент корреляции Пирсона $r_{xy}=0,98$ (на уровне значимости 5%). Так как $r_{xy}>0,9$ корреляционная связь считается прямой, весьма высокой, следовательно, построенная транспортная модель является адаптивной.



Variable	Модельные значения Xм	Наблюдаемые значения Xп
Модельные значения Xм	1,000000	0,981745
Наблюдаемые значения Xп	0,981745	1,000000

Рисунок 5 – Определение коэффициента корреляции

В результате моделирования определенных объектов исследования, определены основные показатели транспортного потока, а именно следующие параметры:

1. Средняя задержка транспортных средств на регулируемом перекрестке:

$$t_{\Delta j} = \frac{n_{cti} t_{инт}}{n_{дв}} \quad (1)$$

где j – номер направления движения; n_{cti} – суммарное число транспортных средств, остановившихся перед перекрестком в течение интервала (15 с) за 5 минут; $n_{дв}$ – суммарное число транспортных средств, проехавших перекресток без остановки за 5 минут; $t_{инт}$ – интервал измерений 15с.

2. Длина очереди перед регулируемым перекрестком подразумевает формирование числа ТС на одном подъезде с двумя фазами сигналов. Для планирования длину очереди можно оценить, учитывая среднюю плотность автомобилей в очереди:

$$QL = \frac{T \cdot (v - c)}{N \cdot d_s} \quad (2)$$

где, QL – длина очереди (км); T – продолжительность периода анализа (час); v – запрос на трафик (авт./ч); c – пропускная способность (авт./ч); N – количество полос; d_s – средняя плотность ТС в очереди (авт./км/пол.).

3. Скорость движения:

$$v = v_f \left\{ 1 - \exp \left[1 - \left(1 + \frac{|v_j|}{n v_f} \left(\frac{k_j}{k} - 1 \right)^n \right) \right] \right\} \quad (3)$$

где v_f – скорость свободного движения; v_j – скорость кинематической волны в плотном транспортном потоке; k – плотность транспортного потока; k_j – плотность затора; n – параметр.

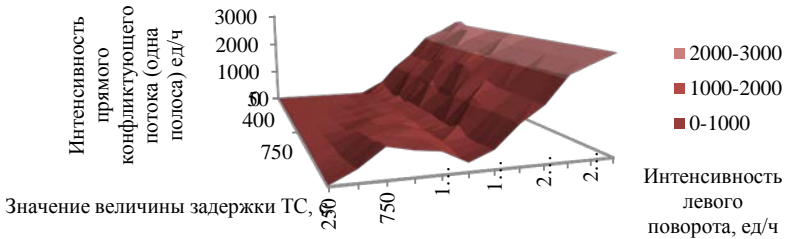


Рисунок 6 – Изменение задержек при отношении интенсивностей N_1 к N_2 одной полосы

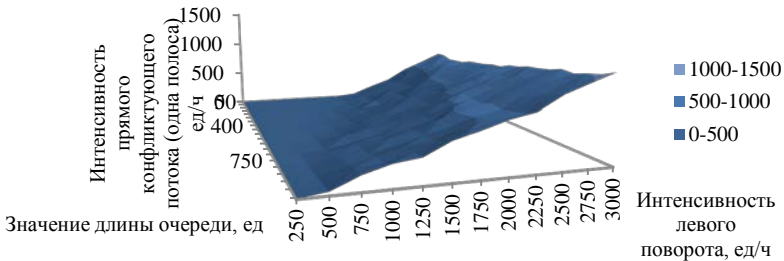


Рисунок 7 – Изменение длины очереди при отношении интенсивностей N_1 к N_2 одной полосы

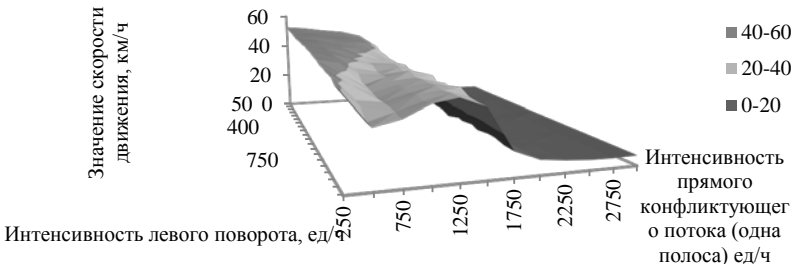


Рисунок 8 – Изменение скорости при отношении интенсивностей N_1 к N_2 одной полосы

В результате анализа основных параметров транспортного потока – скорости движения автомобилей, задержек транспортных средств, длины очереди установлено, что на каждом из исследуемых перекрестков с различными способами организации движения левоповоротного потока наблюдаются заторовые ситуации, которые свидетельствуют о неэффективности используемого способа организации дорожного движения, а именно способа организации левоповоротного движения на перекрестке.

В ходе проведения модельных экспериментов были определены изменения рассматриваемых параметров для рассматриваемого конфликта - с одной полосой (рис. 6-8) и отдельно для двух полос. В результате определения основных параметров транспортного потока при сочетании интенсивностей движения левого потока и прямого конфликтующего потока

для одной и двух полос, возможным стало определить возможные диапазоны изменения скорости движения, величины задержки и длины очереди, что является основополагающими параметрами при определении необходимого способа организации движения левоповоротного потока.

С целью определения значений параметров для каждого возможного сочетания, в рамках диссертационного исследования предлагается перейти к системе коэффициентов соотношений, каждый из которых будет интерпретироваться определенными значениями рассмотренных параметров (длины очереди, скорости движения, задержки). Полученные значения коэффициентов, представлены в таблице 1 и таблице 2.

$$K_{1(1)} = \frac{N_1}{N_2} = n = \{t_n = x_n; l_n = y_n; v_n = z_n\} \quad (4)$$

где K_I – коэффициент отношения N_1 к N_2 , N_1 – интенсивность движения левого поворота, ед/ч; N_2 – интенсивность движения прямого конфликтующего потока, движущегося по одной полосе, ед/ч; n – значение коэффициента отношения (0.02...4.0); t_I – время задержки ТС, с.; x_I – значение времени задержки, для заданного соотношения интенсивностей, с. l_I – длина очереди ТС, ед.; y_I – значение длины очереди, для заданного соотношения интенсивности, ед.; v_n – скорость движения, км/ч; z_n – значение скорости движения, для заданного соотношения интенсивности, км/ч.

$$K_{1(2)} = \frac{N_1}{N_2} = n = \{t_n = x_n; l_n = y_n; v_n = z_n\} \quad (5)$$

где K_I – коэффициент отношения N_1 к N_2 , N_1 – интенсивность движения левого поворота, ед/ч; N_2 – интенсивность движения прямого конфликтующего потока, движущегося по двум полосам, ед/ч; n – значение коэффициента отношения (0.01...2.0); t_I – время задержки ТС, с.; x_I – значение времени задержки, для заданного соотношения интенсивностей, с. l_I – длина очереди ТС, ед.; y_I – значение длины очереди, для заданного соотношения интенсивности, ед.; v_n – скорость движения, км/ч; z_n – значение скорости движения, для заданного соотношения интенсивности, км/ч.

Таблица 1 – Значение коэффициента отношения N_1 и N_2 (одна полоса)

$N_1 \backslash N_2$	50	100	150	200	250	300	350	400	450	500	550	600	650	700	750	800	850	900	950	1000
250	0,20	0,40	0,60	0,80	1,00	1,20	1,40	1,60	1,80	2,00	2,20	2,40	2,60	2,80	3,00	3,20	3,40	3,60	3,80	4,00
500	0,10	0,20	0,30	0,40	0,50	0,60	0,70	0,80	0,90	1,00	1,10	1,20	1,30	1,40	1,50	1,60	1,70	1,80	1,90	2,00
750	0,07	0,13	0,20	0,27	0,33	0,40	0,47	0,53	0,60	0,67	0,73	0,80	0,87	0,93	1,00	1,07	1,13	1,20	1,27	1,33
1000	0,05	0,10	0,15	0,20	0,25	0,30	0,35	0,40	0,45	0,50	0,55	0,60	0,65	0,70	0,75	0,80	0,85	0,90	0,95	1,00
1250	0,04	0,08	0,12	0,16	0,20	0,24	0,28	0,32	0,36	0,40	0,44	0,48	0,52	0,56	0,60	0,64	0,68	0,72	0,76	0,80
1500	0,03	0,07	0,10	0,13	0,17	0,20	0,23	0,27	0,30	0,33	0,37	0,40	0,43	0,47	0,50	0,53	0,57	0,60	0,63	0,67
1750	0,03	0,06	0,09	0,11	0,14	0,17	0,20	0,23	0,26	0,29	0,31	0,34	0,37	0,40	0,43	0,46	0,49	0,51	0,54	0,57
2000	0,03	0,05	0,08	0,10	0,13	0,15	0,18	0,20	0,23	0,25	0,28	0,30	0,33	0,35	0,38	0,40	0,43	0,45	0,48	0,50
2250	0,02	0,04	0,07	0,09	0,11	0,13	0,16	0,18	0,20	0,22	0,24	0,27	0,29	0,31	0,33	0,36	0,38	0,40	0,42	0,44
2500	0,02	0,04	0,06	0,08	0,10	0,12	0,14	0,16	0,18	0,20	0,22	0,24	0,26	0,28	0,30	0,32	0,34	0,36	0,38	0,40
2750	0,02	0,04	0,05	0,07	0,09	0,11	0,13	0,15	0,16	0,18	0,20	0,22	0,24	0,25	0,27	0,29	0,31	0,33	0,35	0,36
3000	0,02	0,03	0,05	0,07	0,08	0,10	0,12	0,13	0,15	0,17	0,18	0,20	0,22	0,23	0,25	0,27	0,28	0,30	0,32	0,33

Таблица 2 – Значение коэффициента отношения N_1 и N_2 (две полосы)

$N_1 \backslash N_2$	50	100	150	200	250	300	350	400	450	500	550	600	650	700	750	800	850	900	950	1000
500	0,1	0,20	0,30	0,40	0,50	0,60	0,70	0,80	0,90	1,00	1,10	1,20	1,30	1,40	1,50	1,60	1,70	1,80	1,90	2,00
1000	0,05	0,10	0,15	0,20	0,25	0,30	0,35	0,40	0,45	0,50	0,55	0,60	0,65	0,70	0,75	0,80	0,85	0,90	0,95	1,00
1500	0,03	0,07	0,10	0,13	0,17	0,20	0,23	0,27	0,30	0,33	0,37	0,40	0,43	0,47	0,50	0,53	0,57	0,60	0,63	0,67
2000	0,03	0,05	0,08	0,10	0,13	0,15	0,18	0,20	0,23	0,25	0,28	0,30	0,33	0,35	0,38	0,40	0,43	0,45	0,48	0,50
2500	0,02	0,04	0,06	0,08	0,10	0,12	0,14	0,16	0,18	0,20	0,22	0,24	0,26	0,28	0,30	0,32	0,34	0,36	0,38	0,40
3000	0,02	0,03	0,05	0,07	0,08	0,10	0,12	0,13	0,15	0,17	0,18	0,20	0,22	0,23	0,25	0,27	0,28	0,30	0,32	0,33
3500	0,01	0,03	0,04	0,06	0,07	0,09	0,10	0,11	0,13	0,14	0,16	0,17	0,19	0,20	0,21	0,23	0,24	0,26	0,27	0,29
4000	0,01	0,03	0,04	0,05	0,06	0,08	0,09	0,10	0,11	0,13	0,14	0,15	0,16	0,18	0,19	0,20	0,21	0,23	0,24	0,25
4500	0,01	0,02	0,03	0,04	0,06	0,07	0,08	0,09	0,10	0,11	0,12	0,13	0,14	0,16	0,17	0,18	0,19	0,20	0,21	0,22
5000	0,01	0,02	0,03	0,04	0,05	0,06	0,07	0,08	0,09	0,10	0,11	0,12	0,13	0,14	0,15	0,16	0,17	0,18	0,19	0,20
5500	0,01	0,02	0,03	0,04	0,05	0,05	0,06	0,07	0,08	0,09	0,10	0,11	0,12	0,13	0,14	0,15	0,15	0,16	0,17	0,18
6000	0,01	0,02	0,03	0,03	0,04	0,05	0,06	0,07	0,08	0,08	0,09	0,10	0,11	0,12	0,13	0,13	0,14	0,15	0,16	0,17

Сложность использования представленных коэффициентов заключается в совпадении некоторых значений коэффициентов, для которых характерны различные значения исследуемых параметров, в связи с этим, следующим этапом исследования, является разработка алгоритма принятия решения для ввода ранее рассмотренных способов (рис. 4-7) организации движения левого поворота в зоне регулируемого перекрестка.

В третьей главе разработан алгоритм принятия решения выбора необходимого способа организации движения левоповоротного потока в зоне регулируемого перекрестка.

Для определения необходимого способа организации движения левоповоротного потока на регулируемом перекрестке, из четырех рассмотренных ранее (рис. 2-5) предлагается интерпретировать полученные значения задержек с существующими уровнями обслуживания (табл.3)

Таблица 3 – Уровень обслуживания на регулируемом перекрестке

Уровень обслуживания	Задержка регулирования (с/прив.ед)
A	≤10
B	10 – 20
C	20 – 35
D	35 – 55
E	55 – 80
F	>80

В зависимости от того, какие существуют задержки транспортных средств на объекте исследования, то для построения алгоритма выбора способа организации дорожного движения левоповоротного потока следует дифференцировать задержки по уровню обслуживания транспортных средств.

Из полученного массива данных по задержкам, полученных в результате выполненных экспериментальных исследований, определены данные, соответствующие определенным интервалам уровня обслуживания (табл.3). Для уровня обслуживания A характерна небольшая задержка регулирования – до 10 с, которая достигается, когда большая часть автомобилей прибывает к перекрестку и проезжает его на зеленый сигнал. Значения задержек, соответствующие этому уровню обслуживания, представлены с помощью программного продукта CurveExpertProfessional (рис. 9).

В результате выборки можно сделать вывод о максимальных значениях интенсивности левоповоротного потока N_1 и прямого конфликтующего потока N_2 :

$$\left\{ \begin{array}{l} N_1 \in 50 \dots 400 \\ N_2 \in 500 \dots 2000 \end{array} \right. \Rightarrow t_n \approx 2.69 \dots 9.30 \rightarrow A \quad (6)$$

где N_1 – интенсивность движения левого поворота, ед/ч; N_2 – интенсивность движения прямого конфликтующего потока, движущегося по одной полосе, ед/ч; t_n – время задержки ТС соотношения n (N_1/N_2), с; A – уровень удобства.

Математическая модель будет иметь следующий вид:

$$y = a + bx_1 + cx_2 + dx_1^2 + ex_2^2 + fx_1^3 + gx_2^3 + hx_1x_2 + ix_1^2x_2 + jx_1x_2^2 \quad (7)$$

где x_1 – интенсивность левоповоротного потока, ед/ч; x_2 – интенсивность конфликтующего потока, ед/ч; y – задержки транспортных средств при сочетании интенсивностей N_1 и N_2 , с; a, \dots, j – параметры функции.

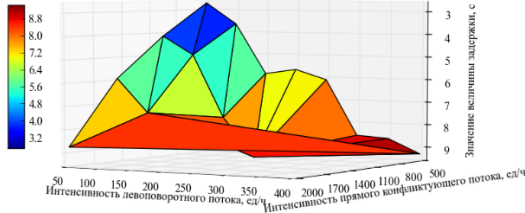


Рисунок 9 – Графическое представление изменения величины задержек при различных сочетаниях N_1 и N_2 для уровня обслуживания А

Для уровня обслуживания В величина задержки регулирования находится в границах от 10 до 20 с. (рис. 10). Выполненная выборка по полученным значениям позволяет сделать вывод о максимальных значениях интенсивности левоповоротного потока N_1 и прямого конфликтующего потока N_2 :

$$\begin{cases} N_1 \in 50 \dots 700 \\ N_2 \in 500 \dots 2500 \end{cases} \Rightarrow t_n = 10.30 \dots 19.39 \rightarrow B \quad (8)$$

где N_1 – интенсивность движения левого поворота, ед/ч; N_2 – интенсивность движения прямого конфликтующего потока, движущегося по одной полосе, ед/ч; t_n – время задержки ТС соотношения n (N_1/N_2), с; В – уровень удобства.

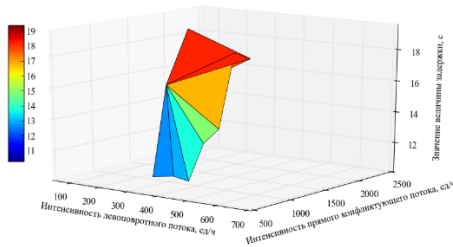


Рисунок 10 – Графическое представление изменения величины задержек при различных сочетаниях N_1 и N_2 для уровня обслуживания В

Математическая модель для уровня обслуживания В будет иметь следующий вид:

$$y = a + bx_1 + cx_2 + dx_1^2 + ex_2^2 + fx_1^3 + gx_2^3 \quad (9)$$

где x_1 – интенсивность левоповоротного потока, ед/ч; x_2 – интенсивность конфликтующего потока, ед/ч; y – задержки транспортных средств при сочетании интенсивностей N_1 и N_2 , с; a, \dots, g – параметры функции.

Для уровня обслуживания C величина задержки регулирования находится в границах от 20 до 35 с (рис.11). Выполненная выборка по полученным значениям позволяет сделать вывод о максимальных значениях интенсивности левоповоротного потока N_1 и прямого конфликтующего потока N_2 :

$$\begin{cases} N_1 \in 150 \dots 800 \\ N_2 \in 500 \dots 2000 \end{cases} t_n \Rightarrow 20.36 \dots 32.14 \rightarrow C \quad (10)$$

где N_1 – интенсивность движения левого поворота, ед/ч; N_2 – интенсивность движения прямого конфликтующего потока, движущегося по одной полосе, ед/ч; t_n – время задержки ТС соотношения n (N_1/N_2), с; C – уровень удобства.

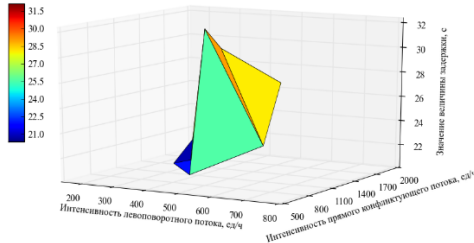


Рисунок 11 – Графическое представление изменения величины задержек при различных сочетаниях N_1 и N_2 для уровня обслуживания C

Математическая модель для уровня обслуживания C будет иметь следующий вид:

$$y = \frac{x_1 x_2}{a + b x_1 + c x_2} \quad (11)$$

где x_1 – интенсивность левоповоротного потока, ед/ч; x_2 – интенсивность конфликтующего потока, ед/ч; y – задержки транспортных средств при сочетании интенсивностей N_1 и N_2 , с; $a \dots c$ – параметры функции.

Для уровня обслуживания D величина задержки регулирования находится в границах от 35 до 55 с. (рис.13) Выполненная выборка по полученным значениям позволяет сделать вывод о максимальных значениях интенсивности левоповоротного потока N_1 и прямого конфликтующего потока N_2 :

$$\begin{cases} N_1 \in 50 \dots 900 \\ N_2 \in 500 \dots 3000 \end{cases} t_n \Rightarrow 38.53 \dots 51.21 \rightarrow D \quad (12)$$

где N_1 – интенсивность движения левого поворота, ед/ч; N_2 – интенсивность движения прямого конфликтующего потока, движущегося по одной полосе, ед/ч; t_n – время задержки ТС соотношения n (N_1/N_2), с; D – уровень удобства.

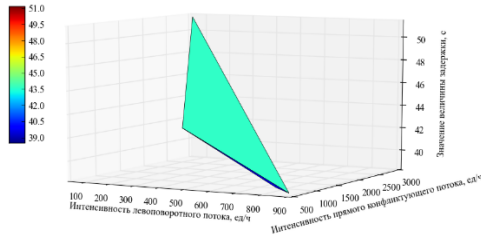


Рисунок 12 – Графическое представление изменения величины задержек при различных сочетаниях N_1 и N_2 для уровня обслуживания D

Математическая модель для уровня обслуживания D будет иметь следующий вид:

$$y = a + x_1^b x_2^c \quad (13)$$

где x_1 – интенсивность левоповоротного потока, ед/ч; x_2 – интенсивность конфликтующего потока, ед/ч; y – задержки транспортных средств при сочетании интенсивностей N_1 и N_2 , с; a, \dots, c – параметры функции.

Для уровня обслуживания E величина задержки регулирования находится в границах от 55 до 80 с. (рис.13). Выполненная выборка по полученным значениям позволяет сделать вывод о максимальных значениях интенсивности левоповоротного потока N_1 и прямого конфликтующего потока N_2 :

$$\begin{cases} N_1 \in 150 \dots 950 \\ N_2 \in 500 \dots 2500 \end{cases} \Rightarrow t_n \Rightarrow 65.11 \dots 78.97 \rightarrow E \quad (14)$$

где N_1 – интенсивность движения левого поворота, ед/ч; N_2 – интенсивность движения прямого конфликтующего потока, движущегося по одной полосе, ед/ч; t_n – время задержки ТС соотношения n (N_1/N_2), с; E – уровень удобства.

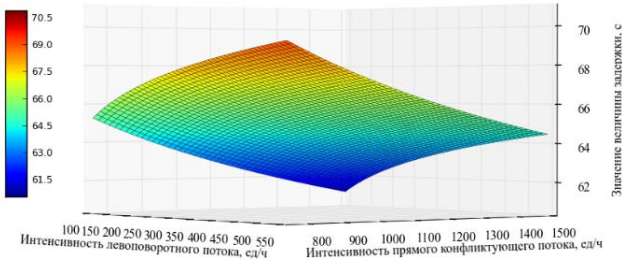


Рисунок 13 – Графическое представление изменения величины задержек при различных сочетаниях N_1 и N_2 для уровня обслуживания E

Математическая модель для уровня обслуживания E будет иметь следующий вид:

$$y = a \cdot (x_1^b + x_2^c) \quad (15)$$

где x_1 – интенсивность левоповоротного потока, ед/ч; x_2 – интенсивность конфликтующего потока, ед/ч; y – задержки транспортных средств при сочетании интенсивностей N_1 и N_2 , с; a, \dots, c – параметры функции.

Для уровня обслуживания F величина задержки регулирования является наивысшей и значение ее принимает свыше 80 с. (рис.14). Выполненная выборка по полученным значениям позволяет сделать вывод о максимальных значениях интенсивности левоповоротного потока N_1 и прямого конфликтующего потока N_2 :

$$\begin{cases} N_1 \in 50 \dots 1000 \\ N_2 \in 3500 \dots 6000 \end{cases} t_n \Rightarrow > 80 \rightarrow F \quad (16)$$

где N_1 – интенсивность движения левого поворота, ед/ч; N_2 – интенсивность движения прямого конфликтующего потока, движущегося по одной полосе, ед/ч; t_n – время задержки ТС соотношения n (N_1/N_2), с; F – уровень удобства.

Математическое описание для уровня обслуживания F будет иметь следующий вид:

$$y = a + bx_1 + cx_2 + dx_1^2 + cx_2^2 + fx_1^3 + gx_2^3 + hx_1x_2 + ix_1^2x_2 + jx_1x_2^2 \quad (17)$$

где x_1 – интенсивность левоповоротного потока, ед/ч; x_2 – интенсивность конфликтующего потока, ед/ч; y – задержки транспортных средств при сочетании интенсивностей N_1 и N_2 , с; a, \dots, j – параметры функции.

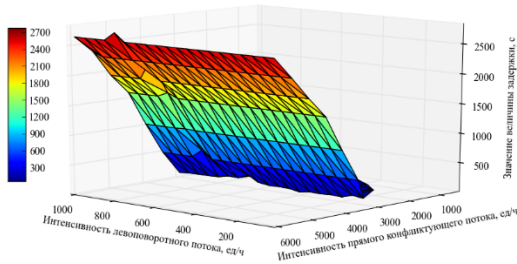


Рисунок 14 – Графическое представление изменения величины задержек при различных сочетаниях N_1 и N_2 для уровня обслуживания F

В результате выполненного математического анализа рассматриваемого конфликта, был разработан алгоритм выбора необходимого способа организации движения на регулируемом участке, выполнено подробное обоснование выбора и рассмотрены основные параметры изменения характеристик транспортного потока (рис.15).

В результате выполненного математического анализа данных, были определены основные пределы по сочетанию критических интенсивностей для левого поворота и прямого конфликтующего потока, характеризуемые коэффициентом соотношения. Каждый полученный коэффициент можно описать соответствующим значением характеристики транспортного потока (длины очереди, величины задержки и скорости движения). Исследование изменения данных показателей при использовании светофорного

регулирования и сопоставление полученных данных со значением величины задержки, характерной для соответствующего уровня обслуживания, в ходе выполнения исследования позволило определить соответствующие области, характеризуемые начальными параметрами – интенсивностью и определить соответствующие области для каждого уровня. Для каждого уровня обслуживания, по результату математического анализа определена математическая модель и ее основные параметры.

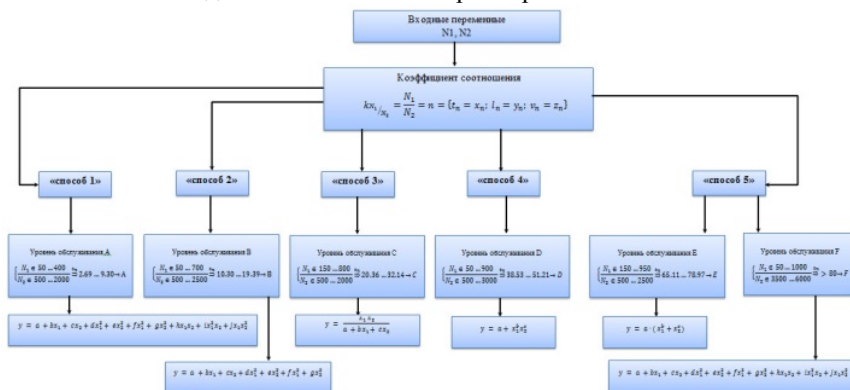


Рисунок 15 – Предлагаемый алгоритм выбора необходимого способа организации движения левоповоротного потока на регулируемом перекрестке

С целью апробации разработанного алгоритма на основных нагруженных перекрестках г. Воронеж выполнен эксперимент по определению необходимого способа организации движения левого поворота.

В главе четыре выполнен анализ результатов практической реализации разработанных теоретико-методологических подходов с целью определения эффективности светофорного регулирования на основе эколого-экономических показателей.

В результате выполненного исследования был разработан алгоритм выбора необходимого способа организации движения левого поворота в зоне регулируемого перекрестка, основанного на анализе изменения основных характеристик транспортного потока при рассмотрении конфликта «левый поворот – прямой конфликтующий поток». Для оценки выполненного исследования и предлагаемого к выработке алгоритма выбора на территории г. Воронеж произведена практическая реализация алгоритма и выполнен экономический анализ предлагаемых мероприятий по результату оценки изменения величины задержки транспортных средств и снижения расхода топлива на регулируемых перекрестках.

Для наглядности расположения определенных регулируемых участков с использованием приложения «Яндекс. Конструктор карт» на карту г. Воронежа нанесены метки с обозначением объектов исследования (рис. 16).

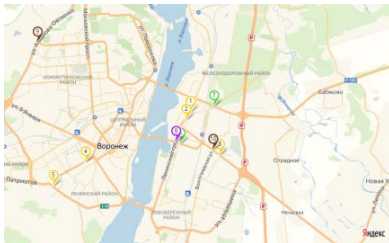


Рисунок 16 – Расположение объектов исследования (г. Воронеж)
 где желтая метка (1-5) – «способ 1»; зеленая метка (6-7) – «способ 2»; фиолетовая метка (8) – «способ 3»; коричневая метка (9-10) – «способ 4»

В результате апробации разработанного алгоритма выбора необходимого способа организации движения левоповоротного потока на основании значений интенсивностей рассматриваемого конфликта «левый поворот-прямой конфликтующий поток» были определены значения коэффициентов соотношения и в результате выработки алгоритма предложен новый способ организации движения левоповоротного потока. С целью оценки эффективности предлагаемого мероприятия в продукте имитационного моделирования Aimsun были определены значения средней величины задержки при предлагаемом способе. Результаты выполненного эксперимента представлены в табл.4.

По результату анализа средней величины задержки на всех исследуемых перекрестках установлено что минимальное значение средней величины задержки составляет 63,28 с, максимальное значение составляет 373,38 с, среднее значение для всех исследуемых перекрестков составляет 177,12 с. Результатом улучшения транспортной ситуации является снижение величины задержки на всех исследуемых перекрестках в среднем на 19%, так минимально наблюдаемое значение задержки составляет 52,35 с, максимальное 261,19 и среднее по всем пересечениям 142,81 с.

Расчет годовой экономии на рассматриваемых пересечениях составил более 3 млн. руб. в год. Несмотря на тот факт, что на двух исследуемых перекрестках согласно исследованиям и апробации предлагаемого к выработке алгоритма не требуется изменение способа организации движения левоповоротного потока, за счет изменения режима регулирования на них также наблюдается снижение расхода топлива.

Таблица 4 – Оценка изменения средней величины задержки транспортных средств на исследуемых регулируемых перекрестках (г. Воронеж)

№ п/п	Наименование перекрестков	Существующий способ организации	Существующее значение задержки ТС, t (сек.)	Параметры конфликта «левый поворот-прямой конфликтующий поток» N_1 и N_2	Рекомендуемый способ организации движения левого поворота	Предполагаемое значение задержки ТС, t (сек)	Снижение средней величины задержки, сек	Изменение величины задержки, %
1	Ленинский проспект – ул. Минская	«способ 1»	63,28	$N_1 = 123$ ед/ч $N_2 = 1842$ ед/ч	«способ 3»	52,35	10,93	-17%
2	Ленинский проспект – ул. Серафимовича	«способ 1»	225,27	$N_1 = 151$ ед/ч $N_2 = 1073$ ед/ч	«способ 2»	185,39	39,88	-18%
3	ул. Димитрова – ул. Калачеевская	«способ 1»	79,32	$N_1 = 107$ ед/ч $N_2 = 892$ ед/ч	«способ 1»	72,34	6,98	-9%
4	ул. Ворошилова – ул. Бахметьева	«способ 1»	205,26	$N_1 = 168$ ед/ч $N_2 = 2075$ ед/ч	«способ 3»	164,15	41,11	-20%
5	ул. Ворошилова – ул. Матросова	«способ 1»	97,42	$N_1 = 89$ ед/ч $N_2 = 1756$ ед/ч	«способ 2»	73,29	24,13	-25%
6	ул. Ленинградская – ул. Брусилова	«способ 2»	125,17	$N_1 = 87$ ед/ч $N_2 = 800$ ед/ч	«способ 1»	102,3	22,87	-18%
7	ул. Минская – ул. Остужева	«способ 2»	87,42	$N_1 = 189$ ед/ч $N_2 = 1590$ ед/ч	«способ 3»	64,58	22,84	-26%
8	Ленинский проспект – ул. Брусилова	«способ 3»	373,38	$N_1 = 278$ ед/ч $N_2 = 2000$ ед/ч	«способ 4»	261,19	112,19	-30%
9	ул. Антоново-Овсеенко – бульвар Победы	«способ 4»	308,52	$N_1 = 390$ ед/ч $N_2 = 600$ ед/ч	«способ 3»	256,36	52,16	-17%
10	ул. Димитрова – ул. Волгоградская	«способ 4»	206,14	$N_1 = 490$ ед/ч $N_2 = 1284$ ед/ч	«способ 4»	196,18	9,96	-5%

Зная расход топлива на каждом из рассматриваемых пересечений и номинальное значение при сгорании 1 кг. топлива, определено значение вредных веществ при существующем и предлагаемом способе организации движения левоповоротного потока. Согласно полученным данным, по всем исследуемых перекрестках происходит снижение вредных выбросов, так при использовании предлагаемых способов организации движения левоповоротного потока в течение года, возможно, снизить выброс окиси углерода на 21,161 т., углеводорода на 2,363 т., окислов азота на 5,708 т. и сернистого ангидрида на 0,53 т.

При использовании предлагаемого способа организации левоповоротного потока на исследуемых перекрестках, была снижена концентрация вредных выбросов на 9%, что в целом улучшит экологическую ситуацию в г. Воронеж.

ОСНОВНЫЕ ВЫВОДЫ И РЕЗУЛЬТАТЫ РАБОТЫ

В диссертационном исследовании получены следующие основные результаты, совокупность которых свидетельствует о достижении поставленной цели и решении сформулированных задач:

1. Разработаны научные подходы и методика ввода необходимого способа организации движения левого поворота. В результате выполненного математического анализа данных, были определены основные пределы по сочетанию критических интенсивностей для левого поворота и прямого конфликтующего потока, характеризуемые коэффициентом соотношения. Каждый полученный коэффициент можно описать соответствующим значением характеристики транспортного потока (длины очереди, величины задержки и скорости движения). Исследование изменения данных показателей при использовании светофорного регулирования и сопоставление полученных данных со значением величины задержки, характерной для соответствующего уровня обслуживания, в ходе выполнения исследования позволило определить соответствующие области, характеризуемые начальными параметрами – интенсивностью и определить соответствующие области для каждого уровня. Для каждого уровня обслуживания, по результату математического анализа определена математическая модель и ее основные параметры.

2. Обосновано использование различных способов организации движения левого поворота в зоне регулируемого перекрестка: «Способ 1» предполагается возможность движения транспортных средств, осуществляющих движение налево совместно с прямо движущимся транспортным потоком из одной полосы в одной фазе регулирования. При данном способе организации движения на перекрестке будет обеспечен уровень обслуживания А при котором величина задержки автомобилей не будет превышать 10 с., данный способ возможен при различных сочетания

интенсивности рассматриваемого конфликта, при котором интенсивность левого поворота $N1$ будет находиться в пределе от 50 до 400 ед/ч ($N1_{min} \geq 50$, $N1_{max} \leq 400$), интенсивность прямого конфликтующего потока $N2$ будет находиться в пределе от 500 до 2000 ед/ч ($N2_{min} \geq 500$, $N1_{max} \leq 2000$). «Способ 2» - на регулируемом перекрестке рекомендуется выделить специализированную полосу для транспортных средств движущихся налево, в связи с тем, что при заданных сочетаниях интенсивности рассматриваемого конфликта достигается уровень В, при котором величина задержки находится в пределе от 10 до 20 с. Интенсивность левого поворота $N1$ будет находиться в пределе от 50 до 700 ед/ч ($N1_{min} \geq 50$, $N1_{max} \leq 700$), интенсивность прямого конфликтующего потока $N2$ будет находиться в пределе от 500 до 2500 ед/ч ($N2_{min} \geq 500$, $N1_{max} \leq 2500$). «Способ 3» - специализация левоповоротного потока в отдельной полосе и удлинение фазы регулирования, в связи с тем, что для данного способа организации движения будет обеспечен уровень обслуживания С, характеризуемый значением задержки в пределе от 20 до 35 с., целесообразно будет выделить дополнительное время для движения рассматриваемого потока с возможностью движения прямого направления – удлинение фазы регулирования. Реализация «способа 3» возможна при различных сочетаниях интенсивности рассматриваемого конфликта, при котором интенсивность левого поворота $N1$ будет находиться в пределе от 150 до 800 ед/ч ($N1_{min} \geq 150$, $N1_{max} \leq 800$), интенсивность прямого конфликтующего потока $N2$ будет находиться в пределе от 500 до 2000 ед/ч ($N2_{min} \geq 500$, $N1_{max} \leq 2000$). «Способ 4» подразумевает под собой специализацию левого поворота в отдельной фазе регулирования, в связи с тем, что полученные значения задержек при анализе рассматриваемого конфликта становятся довольно высокими, автомобили вынуждены простаивать большую часть времени что значительно ухудшает как транспортную, так и экологическую ситуацию на регулируемом участке. При данном способе организации движения на перекрестке будет обеспечен уровень обслуживания D при котором величина задержки автомобилей будет находиться в пределе от 35 до 55 с., данный способ возможен при различных сочетаниях интенсивности рассматриваемого конфликта, при котором интенсивность левого поворота $N1$ будет находиться в пределе от 50 до 900 ед/ч ($N1_{min} \geq 50$, $N1_{max} \leq 900$), интенсивность прямого конфликтующего потока $N2$ будет находиться в пределе от 500 до 3000 ед/ч ($N2_{min} \geq 500$, $N1_{max} \leq 3000$). «Способ 5», необходим в том случае, когда при рассматриваемом конфликте «левый поворот – прямой конфликтующий поток» достигается уровень обслуживания Е, характеризуемый пределом величины задержки от 55 до 80 с и уровень F, при котором задержка превышает значения 80 с. При получении таких высоких значений на регулируемом перекрестке не рекомендуется выделять специализированную полосу для левого поворота и специализировать фазу регулирования. В данном случае рекомендуется

рассмотреть вариант реконструкции перекрестка с выносом рассматриваемого маневра за пределы регулируемого участка. Рассматривая каждый уровень, можно сказать что при достижении уровня E, интенсивность левого поворота N1 будет находиться в пределе от 100 до 550 ед/ч ($N1_{min} \geq 100$, $N1_{max} \leq 550$), интенсивность прямого конфликтующего потока N2 будет находиться в пределе от 750 до 1500 ед/ч ($N2_{min} \geq 750$, $N1_{max} \leq 1500$). При достижении уровня F, интенсивность левого поворота N1 будет находиться в пределе от 50 до 550 ед/ч (∞) ($N1_{min} \geq 50$, $N1_{max} \leq 550$ ($\infty \rightarrow \lim_{\infty} 700$)), интенсивность прямого конфликтующего потока N2 будет находиться в пределе от 1000 до 3000 ед/ч ($N2_{min} \geq 1000$, $N1_{max} \leq 3000$).

3. В результате использования предлагаемого алгоритма выбора необходимого способа организации движения левоповоротного потока на исследуемых перекрестках в зависимости от изменения средней величины интенсивности на перекрёстке возможным стало максимально снизить задержку на 112,19 с (30%) и минимально на 9 с (5%). Экономия топлива на всех исследуемых перекрестках составила 813 литр, в результате годовой экономической оценки она составила более 3 млн.руб.

4. Предлагаемый метод выбора необходимого способа организации движения левоповоротного потока в зоне регулируемого перекрестка в совокупности со снижением задержек и снижением расхода топлива позволяет снизить концентрацию вредных выбросов, а именно снизить выброс окиси углерода на 21,161 т., углеводорода на 2,363 т., окислов азота на 5,708 т. и сернистого ангидрида на 0,53 т. и в целом снизить концентрацию вредных веществ на 9%, что в значительной мере положительно отразится на экологической обстановке в городе Воронеж.

3. ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В диссертационной работе решена важная научно-практическая задача, направленная на повышение безопасности дорожного движения и снижение потери времени участников дорожного движения путем эффективной организации движения левоповоротного потока в зоне регулируемого перекрестка, и имеющая существенное значение для эксплуатации автомобильного транспорта и развития страны в целом.

Перспективы дальнейшей разработки темы

Усовершенствование существующих способов организации движения левоповоротных потоков на координированных участках с целью снижения задержек транспортных средств и повышения эффективности функционирования улично-дорожной сети.

Публикации в изданиях из перечня рецензируемых научных журналов для опубликования основных научных результатов диссертаций (ВАК)

1. Лихачев, Д.В. Повышение эффективности управления движением в транспортных узлах путем применения адаптивных исполнительных элементов / Г.А. Денисов, В.П. Белокуров, Д.В. Лихачев // Автотранспортное предприятие. - 2012. - № 6. - С. 16-18.

2. Лихачев, Д.В. Повышение эффективности принятия решений при организации управления движением автотранспорта подразделениями ДПС МВД России/ В.П. Белокуров, С.В. Белокуров, О.В. Багринцева, Д.В. Лихачев // Бюллетень транспортной информации. - 2012. - № 3 (201). - С. 8-11.

3. Лихачев, Д.В. Исследование процесса ввода специализированной левоповоротной фазы регулирования / Д.В. Лихачев, С.В. Дорохин // Мир транспорта и технологических машин. - 2018. - № 2 (61). - С. 40-47.

4. Лихачев, Д.В. Анализ подходов к вводу специализированной левоповоротной полосы при использовании светофорного регулирования / С.В. Дорохин, Д.В. Лихачев // Мир транспорта и технологических машин. - 2019. - № 3 (66). - С. 43-50.

5. Лихачев, Д.В. Новый подход к вводу дополнительной левоповоротной секции светофорного регулирования / А.П. Жигadlo, С.В. Дорохин, Д.В. Лихачев // Вестник Сибирского государственного автомобильно-дорожного университета. - 2019. - Т. 16. № 4 (68). - С. 432-445.

Публикации в изданиях, индексируемых международными системами цитирования (Scopus, WebofSciens)

6. Likhachev, D.V. Investigation of methods for calculating duration of light signal regulation cycle/ S.V. Dorokhin, V.A. Zelikov, Y.V. Strukov, D.V. Likhachev, A.N. Novikov, I.A. Novikov, A.G. Shevtsova // Journal of Physics: Conference Series. - 2018. - Vol. 1015. P. 032128.

7. Likhachev, D.V. Increasing psychological stability of vehicle drivers / V.A. Zelikov, G.N. Klimova, Y.V. Strukov, A.Y. Artemov, D.V. Likhachev // Studies in Computational Intelligence. - 2019. - Vol. 826. P. 1129-1136.

8. Likhachev, D.V. Development of an approach to the selection of the necessary method of arrangement of the left turn in the area of controlled intersection / S.V. Dorokhin, A.N. Novikov, V.A. Zhulai, D.V. Likhachev // IOP Conference Series: Materials Science and Engineering. – 2020. –Vol. 832, P. 012092.

Публикации в других изданиях

9. Likhachev, D. Development of an algorithm for choosing the specialization of the left-turn lane in the zone of a controlled intersection / D, Likhachev, S. Dorokhin, S. Postavnichii // MATEC Web of Conferences. – 2019. – Vol. 298, P. 00075.

10. Likhachev, D.V. Traffic management at junction points of street and road network of cities / G.A. Denisov, D.V. Likhachev, Y.V. Strukov, V.V.

Razgonyaeva // Global Science and Ennovation Materials: сб. докл. 1 International Scientific Conference. - 2013. - С. 424-426.

11. Лихачев, Д.В. Повышение пропускной способности и безопасности движения на пересечениях улично-дорожной сети / Г.А. Денисов, Д.В. Лихачев // Актуальные проблемы автотранспортного комплекса: сб. докл. - Самара, - 2012. - С. 152-156.

12. Лихачев, Д.В. К вопросу точности расчетов параметров светофорного регулирования / Д.В. Лихачев, И.М. Щербакова, С.В. Приз // Альтернативные источники энергии в транспортно-технологическом комплексе: проблемы и перспективы рационального использования. - 2014. - № 1. - С. 250-253.

13. Лихачев, Д.В. Анализ способов организации левоповоротного движения на пересечениях и перспективы дальнейших исследований/ Д.В. Лихачев // Альтернативные источники энергии на автомобильном транспорте: проблемы и перспективы рационального использования: сб. докл. – Орел, - 2014. - С. 115-120.

14. Лихачев, Д.В. Исследование транспортных потоков на регулируемом пересечении с конфликтным левоповоротным движением / Д.В. Лихачев, В.П. Белокуров, Г.А. Денисов // Информационные технологии и инновации на транспорте: сб. докл. – Орел, - 2015. - С. 198-203.

15. Лихачев, Д.В. Анализ основных параметров расчета регулируемого перекрестка / С.В. Дорохин, Д.В. Лихачев / Организация и безопасность дорожного движения: сб. докл. – Тюмень, - 2018. - С. 205-207.

16. Лихачев, Д.В. К вопросу информирования водителей на регулируемых перекрестках / С.В. Приз, И.М. Щербакова, Д.В. Лихачев, С.В. Дорохин // Современные автомобильные материалы и технологии: сб. докл. – Курск, - 2014. - С. 195-200.

17. Лихачев, Д. В. Управление транспортными потоками на пересечении дорог и УДС городов / Д. В. Лихачев, С. В. Писарева, Г. А. Денисов // Актуальные направления научных исследований XXI века: теория и практика : сборник научных трудов по материалам международной заочной научно-практической конференции. - Воронеж, 2015. - № 5, ч. 2 (16-2). - С. 292-296.

18. Лихачев, Д.В. К вопросу пропускной способности / Д.В. Лихачев // Актуальные вопросы инновационного развития транспортного комплекса: сб. докл. – Орел, - 2016. - С. 317-322.

19. Лихачев, Д.В. К вопросу точности расчетов параметров светофорного регулирования / С.В. Дорохин, Д.В. Лихачев // Научно-технические аспекты инновационного развития транспортного комплекса: сб. докл. – Донецк, - 2017. - С. 16-18.

20. Лихачев, Д.В. Анализ основных геометрических параметров расчета регулируемого перекрестка / С.В. Дорохин, Д.В. Лихачев, Е.А. Авдеева // Актуальные вопросы организации автомобильных перевозок и безопасности движения: сб. докл. - 2018. - С. 16-20.

21. Лихачев, Д.В. К вопросу повышения пропускной способности регулируемых пересечений / С.В. Дорохин, Д.В. Лихачев, Е.А. Авдеева // Научно-технические аспекты инновационного развития транспортного комплекса: сб. докл. – Донецк, - 2018. С. 16-18.

22. Лихачев, Д.В. К вопросу расчета потока насыщения на регулируемых пересечениях / С.В. Дорохин, Д.В. Лихачёв // Научная мысль. - 2017. - № 2. - С. 33-37.

23. Лихачев, Д.В. Влияние стартовых потерь на пропускную способность регулируемых пересечений / С.В. Дорохин, Д.В. Лихачев, Е.А. Авдеева // Альтернативные транспортные технологии. - 2018. - Т. 5. № 1 (8). - С. 102-105.

24. Лихачев, Д.В. Формирование научно-методического подхода к управлению левоповоротным движением на регулируемых перекрестках / Лихачев Д.В., Дорохин С.В. // Информационные технологии и инновации на транспорте: сб. докл. – Орел, - 2019. - С. 198-205.

Патенты

25. Лихачев, Д.В. Светофор: пат. № 2491648 РФ /Г.А. Денисов, В.П. Белокуров, Д.В. Лихачев, В.А. Щепилов; заявл. 20.02.2012; опубл. 27.08.2012, Бюл. № 24.

26. Лихачев, Д.В. Транспортный светофор: пат. № 269138 РФ / Г.А. Денисов, В.А. Зеликов, Ю.В. Струков, Н.И. Злобина, Д.В. Лихачев Д.В.; заявл. 08.02.2018; опубл. 30.05.2019, Бюл. № 16.

Лихачев Дмитрий Валерьевич

Повышение эффективности левоповоротного движения в зоне регулируемого перекрестка

АВТОРЕФЕРАТ

Подписано в печать _____.____ г.
п. л. 1.0 Тираж 100

Формат 60×84/16
Заказ № ____

Отпечатано в Воронежском государственном лесотехническом университете имени Г.Ф. Морозова

394087, г. Воронеж, ул. Тимирязева, 8.