

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования

« Сибирский государственный автомобильно-дорожный университет
(СибАДИ) »

Кафедра « Организация перевозок и безопасность движения »

НАУЧНЫЙ ДОКЛАД

Об основных результатах научно-квалификационной работы (диссертации)

« Оптимизация системы управления движением транспортных средств »

по направлению 23.06.01 « Техника и технология наземного транспорта »

научная направленность: « Эксплуатация автомобильного транспорта »

Аспирант

Барсуков Евгений Владимирович

Допустить к защите научного доклада:

Заведующий кафедрой «ОПиДБ»

д.т.н., доцент Л.С. Трофимова

Научный руководитель

д.т.н., профессор П.А.Корчагин

Нормоконтроль

к.т.н., доцент Н.В. Кузин

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность темы. Ежегодное интенсивное увеличение автомобильного транспорта приводит к возникновению заторных ситуаций на улично-дорожной сети, снижению пропускной способности автомобильных дорог. Вопрос совершенствования организации дорожного движения, в условиях ограниченной городской застройки, становится все более актуальным с каждым годом.

Исторически транспортная инфраструктура автомобильных дорог складывается в тесном соседстве с железнодорожными линиями, которая оказывает влияние на перераспределение транспортных потоков на макроуровне городов. Причина заоргов зачастую возникает из-за регулярного закрытия железнодорожного переезда и зачастую длительного по времени. В результате объезда данных участков, возникают значительные перепробеги автомобилей, увеличивается длительность прохождения ежедневных миграционных маршрутов.

При поиске решений, способов управления транспортными потоками, принятию оптимальных, выбору рациональной организации дорожного движения необходимо принимать максимально эффективные транспортные решения.

Совершенствование процессов управления движением автомобильного транспорта, в совокупности возникающими ограничениями в виде закрытия одного из направлений движения, с сохранением пропускной способности автомобильной дороги, без вложения значительных материальных средств, является актуальным диссертационным исследованием.

Степень разработанности темы исследования. Работы в области безопасности дорожного движения ведутся в научных и высших образовательных учреждениях, таких как: НИИАТ, ГОСНИТИ, МАДИ, СГТУ и других организациях. Рассматриванием задержки автомобильного транспорта 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.; вопросами безопасности и эффективности организации дорожного движения на железнодорожных переездах - Булейко В.Я., Гатауллин С. В., Демьянов В. В., Карасевич С. Н., Карпущенко Н. И., Поляков А. А., Бальзамова И. Ю., Соболев С. А., Тарасов А. Е., Ефанов Д. В., Герус В. Л. и др.; оценкой эффективности работы транспортных систем городов - Горев А. Э., Корнилов С.Н., Ковалева Н. А., Мамаев Э. А., Мишин А.С., Михеева Т. И., Рахмангулов А.Н., Числов О. Н., Пугачев И. Н., и др.; транспортным моделированием - Даньков В.В., Рожанский Д. В., Зырянов В.В., Евдокимов А. О., Наумова Н.А., Кирсанов С. В., Пуртов А. М., Куприяшкин А. Г., и др. В результате выполненных работ сложились ряд методов, способов, позволяющих оценить эффективность организации дорожного движения. В научных работах не затрагивается вопрос временного изменения условий движения транспортных потоков на участке улично-дорожной сети, при возникновении ограничений дальнейшего движения автомобильного транспорта при осуществлении маневров поворота (закрытие железнодорожного переезда).

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

Предметом исследования – влияние изменения основных характеристик транспортного потока на величину пропускной способности регулируемого перекрестка, в совокупности с железнодорожным переездом.

Цель работы – повысить безопасность дорожного движения и снизить потери времени участников дорожного движения путем совершенствования организации дорожного движения на основе рационального управления светофорным объектом согласованным с железнодорожным переездом

Для достижения цели были поставлены и решены **задачи**.

1 Выполнить анализ существующих методов определения характеристик транспортного потока и существующих подходов к управлению светофорным

регулированием.

2 Теоретически обосновать изменение организации дорожного движения в зоне регулируемого перекрестка на основе временно изменяющихся условий движения транспорта при закрытии железнодорожного переезда (дополнительная программа регулирования).

3 Разработать алгоритм изменения организации дорожного движения в зоне регулируемого перекрестка, с анализом перераспределения движения автомобильного транспорта по альтернативному маршруту, с учетом изменения основных характеристик транспортного потока (длина очереди, скорость, задержки).

4 Разработать математическую, аналитическую и имитационную модель определения показателей ввода изменений организации дорожного движения по альтернативному маршруту движения автомобильного транспорта в зависимости от времени закрытия железнодорожного переезда.

5 Осуществить оценку достоверности предложенной математической модели с использованием продуктов имитационного моделирования

Методы и модели исследования. Теоретико-методологической основой работы явились научные труды отечественных и зарубежных авторов в области функционирования транспорта, смежных направлений в области безопасности дорожного движения железнодорожного и автомобильного транспорта, научная работа в данной области. Основой исследований явились натурные наблюдения, анализ статистики, имитационное моделирование программным комплексом PTV Vissim.

Теоретическая и практическая значимость. Разработанные в диссертационном исследовании теоретико-методический подход, позволяющий определить необходимые показатели ввода альтернативной организации движения для сохранения пропускной способности в зоне регулируемого перекрестка, снижения задержек транспорта с увеличением оперативности принятия решения.

Результаты исследования имеют прикладной характер и могут быть использованы при реализации задач по развитию и совершенствованию организации движения на сложных пересечениях, с учетом меняющихся условий дорожного движения, увеличивая эффективность работы с помощью изменяющейся организации движения светофорного объекта, с перспективным применением результатов при реализации проектов интеллектуальных транспортных систем (ИТС).

Положения, выносимые на защиту:

1 Закономерность, позволяющая определить необходимость ввода альтернативной схемы пересечения ЖД переезда, путем запрета левого поворота на СО, на основе совокупности постоянных характеристик транспортных потоков с помощью разработанной математической модели.

2 Зависимость величины оперативного изменения организации дорожного движения с учетом значений изменения внешних факторов, которые позволили создать математическую модель формирования зависимости.

3 Методика оценки совокупности постоянных значений, которые позволяют осуществлять прогнозирование ввода альтернативной организации дорожного движения на участке светофорного объекта (СО).

Область исследований соответствует п.8 Исследования в области технологий организации дорожного движения, развития технических средств организации дорожного движения» паспорта научной специальности 2.9.5 «Эксплуатация автомобильного транспорта».

Достоверность и обоснованность выводов и рекомендации обеспечивается использованием апробированных научных методов исследования, расчета регулируемых узлов на улично-дорожной сети, и полученные результаты согласуются с экспериментальными данными и результатами теоретических исследований по теме диссертации и по смежным отраслям.

Использованы доступные и известные из научных публикаций

результаты ранее проводимых и современных теоретико-прикладных исследований по вопросам управления движения, интеллектуальных транспортных систем, дорожных условий и безопасности дорожного движения, учета дорожно-транспортных происшествий и моделирования транспортных потоков.

Апробации и реализации результатов работы. Основные положения и результаты выполнены на имитационной транспортной модели транспортных потоков на участке автомобильной дороги со светофорным объектом, совмещенным с регулируемым железнодорожным переездом (ЖДП), которая позволяет исследовать поведение всех участников движения, с учетом их уникальных характеристик, свойств, взаимного влияния друг на друга, выполненной лично автором в PTV Vissim путем создания цифровой копии исследуемого узла исследований

Публикации. По материалам научной работы подана заявка на Патент №189451 «Многофункциональный светофор».

ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Во введении раскрывается актуальность темы диссертационной работы, представлены цель и задачи научного исследования, излагается теоретическая и практическая значимость диссертационной работы, осуществляется выбор объекта исследования и предмета исследования, обосновывается научная новизна работы, формулируются положения, выносимые на защиту диссертационной работы.

В первой главе диссертационной работы «Оптимизация системы управления движением транспортных средств» проведен анализ организации работы транспортных систем в узлах транспортной сети, где возникают значительные затруднения в рабочем взаимодействии транспортной сети, представлено на рисунке 1. Пересечение транспортных потоков дорожной сети на участках с организованным железнодорожным переездом, возникает конфликт не только транспортно-технологических решений организации и безопасности движения, но и нормативно-правовые, межведомственные, социально-экономические интересы. Определена необходимость проведения исследований по изменению организации дорожного движения на регулируемом участке автомобильной дороги, в частности при использовании светофорного регулирования расположенного в непосредственной близости с железнодорожным переездом, существующая ситуация представлена на рисунке 2. Рассмотрены методы и мероприятия по их устранению, которые позволяют сформировать технические решения по их совершенствованию.



Рисунок 1 – Изучение существующей обстановки на участке исследования



Рисунок 2 – Моделирование реальной ситуации на участке исследования

Во второй главе проведен анализ основных методов расчета пропускной способности участка дорожной сети, с учетом многополосности, наличия левого поворота, параметров его ввода и запрета. Рассмотрены основные параметры транспортных потоков с учетом расчетных значений и полученных с помощью натуральных наблюдений, полученный график представлен на рисунке 3. Установлено что, расчет величины цикла по формуле Вебстера ограничена максимальной длиной цикла 120 с. и возникают сложности при использовании данного метода при рассмотрении вопроса

закрытия шлагбаума железнодорожного переезда. Более подробно анализ в своих работах провел Цариков А.А. установив зависимости организации левых поворотом, но при радиусе левого поворота более 40 м., длительность выделенной фазы более 20 с. вводить не рекомендует., а при осуществлении левого поворота с организацией отсечки (остановки) встречного транспорта более 10 сек., малоэффективно.

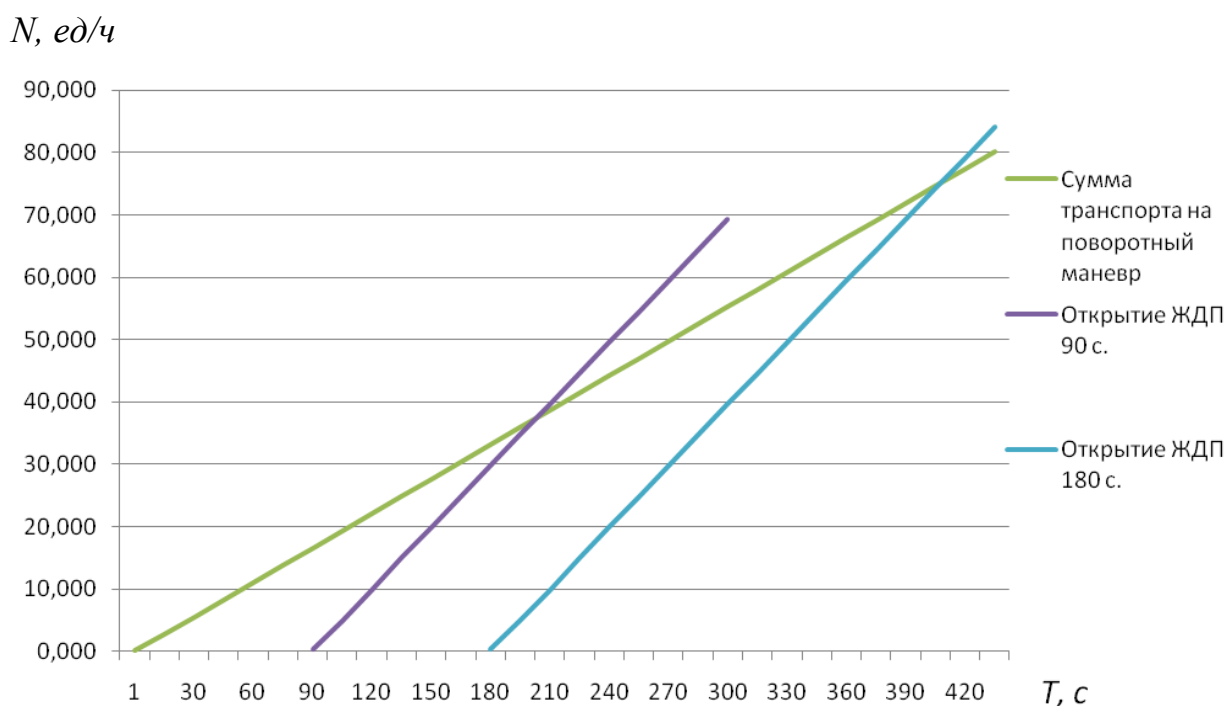


Рисунок 3 – График зависимости интенсивности от пропускной способности железнодорожного переезда

В работе был проведен анализ пересечения ул. Старое шоссе и ул. Одоевского, с железнодорожным переездом. Проведенное исследование пропускной способности железнодорожного переезда автомобильного транспорта, интервалами закрытия ЖДП 90 с. – 180с. - 300 с. Длина очереди транспортного потока фактическая, для осуществления левого поворота, составляет 60 м (10 ед. за цикл светофорного регулирования). Максимальная длина очереди встречного направления, для осуществления правого поворота (в сторону ЖДП) 12 ед. – 72 м. Схема организации дорожного движения

(ОДД) обеспечивает пропуск автомобильного транспорта, до момента закрытия ЖДП.

На момент закрытия ЖДП возникают иные условия движения, по причине отсутствия направления для дальнейшего движения, вводим новую величину – время ожидания ($T_{ож}$). В результате моделирования и графического анализа, установлены время задержки и длина очереди. Полученные данные устанавливают зависимость $T_{ож}$ и ликвидации последствий закрытия ЖДП.

Проведенный анализ выявил необходимость разработки научного подхода для совершенствования организации дорожного движения (ОДД) при закрытии ЖДП и последующим возобновлением движения автомобильного транспорта (АТ).

В третьей главе разработана математическая модель в виде уравнения регрессии:

$$T_{ож} = k_1 + a_1 N + a_2 N^2 + a_3 N^3 + b_1 T_{жд} + b_2 T_{жд}^2 + b_3 T_{жд}^3 + c_1 T_{разв}^2 + c_3 T_{разв}^3 \quad (1)$$

Где: $T_{ож}$ – время ожидания смены программ управления, с; N – интенсивность транспортных потоков, ед./ч; $T_{жд}$ – время закрытия шлагбаума, с; $T_{разв}$ – время потраченное на разворот автомобилей, по резервному маршруту ОДД, с; $k_1, a_1 \dots c_1$ – параметры функции.

В результате выполненного математического анализа данных, были определены основные пределы по сочетанию времени закрытого ЖДП и времени потраченного на разворот пачки автомобилей, с учетом интенсивности потока, характеризуемые коэффициентом соотношения. Каждый полученный коэффициент можно описать соответствующим значением характеристики транспортного потока (длины очереди, величины задержки и времени прохождения участков). Исследование изменения данных показателей при

использовании временных изменения ОДД по $T_{ож}$ сопоставление полученных данных со значением величины задержки, характерной для соответствующего времени закрытия ЖДП, в ходе выполнения исследования позволило определить соответствующие области, характеризующиеся начальными параметрами – интенсивностью и времени закрытия шлагбаума, определить алгоритм работы модели, изложено на рисунке 4.

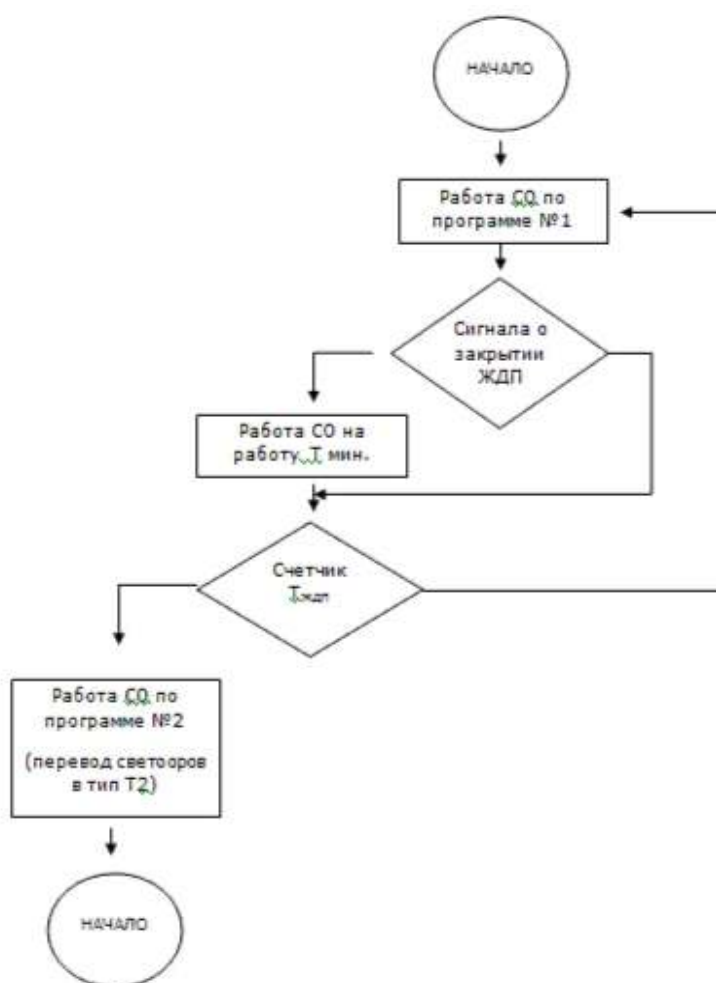


Рисунок 4 – Модель ввода альтернативной организации дорожного движения при закрытом железнодорожном переезде



Рисунок 5 – Результат моделирования ввода альтернативной организации дорожного движения при закрытом железнодорожном переезде

Заключение

1 Выведена зависимость, позволяющая определить время работы альтернативной схемы ОДД при закрытии ЖДП, с запретом левого поворота на СО, с помощью разработанной математической модели.

2 Разработана методика (алгоритм) позволяющая выполнять альтернативную организацию дорожного движения на участке СО.

3 Выполнено моделирование ОДД с вводом альтернативной фазы организации дорожного движения, подтвердившая правильность разработанной методики.

4 Разработан новый тип светофора, позволяющий оперативно менять организацию движения на участке улично-дорожной сети в зависимости от поставленных задач.

Список работ:

1 Заявка на патент 189451 «Многофункциональный светофор» / Барсуков Е.В., Клещевников А.А., Коровин Д.А. 2024 г.

Степень достоверности результатов.

Использованы современные методы исследования процессов прохождения транспортных потоков с выявлением особенностей, с анализом процессов движения и влиянием изменяющихся факторов движения, методом математического моделирования, теории относительного риска, элементы факторного, корреляционного, кластерного и дискриминационного анализа, а так же метод теории управления организационными системами, нечетких множеств, экспертного оценивания.

Теория диссертационного исследования построена на известных методах расчета регулируемых узлов на улично-дорожной сети, и полученные результаты согласуются с экспериментальными данными и результатами теоретических исследований по теме диссертации и по смежным отраслям.

Использованы доступные и известные из научных публикаций результаты ранее проводимых и современных теоретико-прикладных исследований по вопросам управления движения, интеллектуальных транспортных систем, дорожных условий и безопасности дорожного движения, учета дорожно-транспортных происшествий и моделирования транспортных потоков;

Научная новизна.

В научном докладе об основных результатах подготовленной научно-квалификационной работы (диссертации) получены основные результаты, характеризующиеся научной новизной:

- Разработан алгоритм, позволяющий менять организацию движения с помощью светофора за счет изменения типа сигнала и направления автомобильного транспорта по альтернативному маршруту разворота после поступления сигнала закрытия ЖД переезда.
- Определено время запрета левого поворота после открытия ЖД переезда для восстановления свободного движения транспорта

Практическая значимость работы заключается

- в полученных в результате моделирования характеристик транспортных потоков на участке автомобильной дороги со светофорным объектом, совмещенным с регулируемым железнодорожным переездом;

- в полученных зависимостях величины оперативного изменения организации дорожного движения с учитывающих изменение параметров транспортных потоков на участке автомобильной дороги со светофорным объектом, совмещенным с регулируемым железнодорожным переездом;

- в получении Патента на полезную модель №189451 «Многофункциональный светофор».

Практическая значимость заключается в прикладном характере исследования, результаты которого необходимы в использовании различными организациями:

- в деятельности МКУ Г. Новосибирска "УПРАВЛЕНИЕ ДОРОЖНОГО СТРОИТЕЛЬСТВА", ГКУ НСО "ТЕРРИТОРИАЛЬНОЕ УПРАВЛЕНИЕ АВТОМОБИЛЬНЫХ ДОРОГ НОВОСИБИРСКОЙ ОБЛАСТИ", ФКУ "ФЕДЕРАЛЬНОЕ УПРАВЛЕНИЕ АВТОМОБИЛЬНЫХ ДОРОГ "СИБИРЬ" ФЕДЕРАЛЬНОГО ДОРОЖНОГО АГЕНТСТВА", для проведения исследования участков улично-дорожной сети г. Новосибирска расположенных в непосредственной близости с ЖД переездами, для осуществления проектирования и ремонта дорог.

- в деятельности МКУ Г. Новосибирска "ГОРОДСКОЙ ЦЕНТР ОРГАНИЗАЦИИ ДОРОЖНОГО ДВИЖЕНИЯ" для проведения корректировок схемы организации дорожного движения на СО г.Новосибирска.

Ценность научных работ соискателя.

Разработан подход к решению вопроса кратковременного изменения организации движения на СО, связанный с необходимостью ввода альтернативной схемы пересечения ЖД переезда, расположенный в непосредственной близости со СО участка улично-дорожной сети. Разработан подход к решению конфликтной ситуации и совершенствование системы оперативного управления организацией дорожного движения. Разработана система практических рекомендаций по ее использованию.

Соответствие научного доклада об основных результатах подготовленной научно-квалификационной работы (диссертации) требованиям, установленным пунктом 14 «Положения о присуждении ученых степеней»

Научный доклад об основных результатах подготовленной научно-квалификационной работы (диссертации) Барсукова Евгения Владимировича «Совершенствование организации дорожного движения на основе рационального управления светофорным объектом в совокупности с железнодорожным переездом» является законченной научно-квалификационной работой, соответствует пунктам 9-14 «Положения о присуждении ученых степеней», утвержденного постановлением Правительства Российской Федерации №842 от 24 сентября 2013 года «О порядке присуждения ученых степеней». Соответствует специальности 2.9.5 – «Эксплуатация автомобильного транспорта», п.8 Исследования в области технологий организации дорожного движения, развития технических средств организации дорожного движения».

Заключение принято на заседании кафедры «Организация перевозок и безопасность движения» федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Сибирский государственный автомобильно-дорожный университет (СибАДИ)».

Присутствовало на заседании 12 чел. Результат голосования: за – 11 чел., против – 0 чел., воздержалось – 1 чел., протокол № 6 от 31.01. 2024 г.

Заведующий кафедрой «Организация перевозок и безопасность движения»
Сибирского государственного автомобильно-дорожного университета
д-р техн. наук, доцент



Л.С. Трофимова

31.01.2024