

МИНОБРНАУКИ РОССИИ

Федеральное государственное бюджетное образовательное
учреждение высшего образования
«Санкт-Петербургский государственный
архитектурно-строительный университет»

На правах рукописи

ЧЕРНЫХ НАТАЛЬЯ ВЛАДИМИРОВНА

**МЕТОДИКА ПОВЫШЕНИЯ УРОВНЯ ОБСЛУЖИВАНИЯ
ДОРОЖНОГО ДВИЖЕНИЯ В ГОРОДСКИХ УСЛОВИЯХ**

Специальность 05.22.10 - Эксплуатация автомобильного транспорта

ДИССЕРТАЦИЯ

на соискание ученой степени
кандидата технических наук

Научный руководитель:
доктор экономических наук, доцент
Солодкий Александр Иванович

Санкт-Петербург – 2021

ОГЛАВЛЕНИЕ

СПИСОК	СОКРАЩЕНИЙ	И	УСЛОВНЫХ
ОБОЗНАЧЕНИЙ.....			4
ВВЕДЕНИЕ.....			6
Глава 1. АНАЛИЗ МЕТОДОВ ОЦЕНКИ И ОБЕСПЕЧЕНИЯ УРОВНЯ			
ОБСЛУЖИВАНИЯ В ГОРОДАХ			14
1.1. Анализ проблем движения транспорта в крупных городах в			
условиях насыщенных транспортных потоков.....			14
1.2. Обеспечение требуемого уровня обслуживания дорожного			
движения в городах и его влияние на качество функционирования			
автомобильного транспорта			19
1.3. Определение факторов, влияющих на соответствие фактического			
уровня обслуживания дорожного движения требуемому, для различных			
категорий городских улиц в условиях насыщенных транспортных потоков			
.....			36
Выводы по главе.....			53
Глава 2. ОСНОВНЫЕ НАПРАВЛЕНИЯ ПОВЫШЕНИЯ УРОВНЯ			
ОБСЛУЖИВАНИЯ ДОРОЖНОГО ДВИЖЕНИЯ.....			55
2.1. Определение опорной улично-дорожной сети городов.....			55
2.2. Классификации типов мероприятий по повышению уровня			
обслуживания дорожного движения.....			61
2.3. Факторы и ограничения по выбору типов мероприятий по			
повышению уровня обслуживания дорожного движения.....			69
Выводы по главе.....			73
Глава 3. РАЗРАБОТКА МЕТОДИКИ ПОВЫШЕНИЯ УРОВНЯ			
ОБСЛУЖИВАНИЯ ДОРОЖНОГО ДВИЖЕНИЯ В ГОРОДСКИХ			
УСЛОВИЯХ.....			75
3.1. Формирование комплексов мероприятий с учетом фактических			
ограничений по выбору типов мероприятий по повышению уровня			
обслуживания дорожного движения.....			75

3.2. Влияние комплексов мероприятий по повышению уровня обслуживания дорожного движения на безопасность дорожного движения.....	81
3.3. Подготовка эксперимента по внедрению методики повышения уровня обслуживания дорожного движения в практику транспортного планирования.....	91
Выводы по главе.....	99
Глава 4. НАУЧНО-ПРАКТИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ВНЕДРЕНИЮ МЕТОДИКИ ПОВЫШЕНИЯ УРОВНЯ ОБСЛУЖИВАНИЯ ДОРОЖНОГО ДВИЖЕНИЯ В ГОРОДСКИХ УСЛОВИЯХ.....	102
4.1. Апробация методики повышения уровня обслуживания дорожного движения в городских условиях.....	102
4.2. Оценка изменения условий движения автомобильного транспорта по результатам применения методики повышения уровня обслуживания дорожного движения в городских условиях.....	112
4.3. Экономическая эффективность от использования предложенной методики повышения уровня обслуживания дорожного движения в городских условиях.....	126
Выводы по главе.....	131
ОБЩИЕ РЕЗУЛЬТАТЫ И ВЫВОДЫ.....	133
СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ.....	135
СЛОВАРЬ ТЕРМИНОВ.....	151
ПРИЛОЖЕНИЕ.....	153

СПИСОК СОКРАЩЕНИЙ И УСЛОВНЫХ ОБОЗНАЧЕНИЙ

АСУДД – автоматизированные системы управления дорожным движением;

БДД – безопасность дорожного движения;

ГПТ – городской пассажирский транспорт;

ДД – дорожное движение;

ДТП – дорожно-транспортное происшествие;

ДУ – дорожные условия;

ИТС – интеллектуальные транспортные системы;

КСОДД – комплексная схема организации дорожного движения;

МТОП – маршрутный транспорт общего пользования;

ОД – организация движения;

ООТ – остановка общественного транспорта;

ОС – опорная улично-дорожная сеть;

ПДД – правила дорожного движения;

ПП – пешеходный переход;

ПС – пропускная способность;

ПЧ – проезжая часть;

СО – светофорный объект;

СПО – специальное программное обеспечение;

ТП – транспортный поток;

ТС – транспортное средство;

УДС – улично-дорожная сеть;

V, V – средняя скорость движения потока автомобилей;

N – интенсивность движения, авт/ч;

$N_{сут}$ – суточная интенсивность движения, авт/сут;

$N_ч$ – часовая интенсивность движения, авт/ч;

N_{max} – максимальная часовая интенсивность движения, авт/ч;

P – пропускная способность дороги, авт/ч;

P_{max} – максимальная практическая пропускная способность, легк. авт/ч;

A, B, C, D, E, F – уровни обслуживания;

V_0 – скорость движения в свободных условиях, км/ч;

q – плотность потока, авт/км;

q_{max} – максимальная плотность потока, авт/км;

β – итоговый коэффициент снижения пропускной способности;

$\beta_1, \beta_2, \dots, \beta_n$ - частные коэффициенты снижения пропускной способности;

z – коэффициент (уровень) загрузки движением;

Методика – методика повышения уровня обслуживания дорожного движения в городских условиях

ВВЕДЕНИЕ

Проблема организации и обеспечения безопасности дорожного движения в крупных городах становится все более актуальной в связи с продолжающимся ростом автомобилизации и недостаточным развитием транспортной инфраструктуры городов. Увеличение интенсивности движения, рост числа дорожно-транспортных происшествий (ДТП), распространение заторовых ситуаций на основных городских маршрутах - все это вызывает необходимость совершенствования организации движения (ОДД), технологий обеспечения пропускной способности (ПС) городских улично-дорожных сетей (УДС) и повышения эффективности транспортного обслуживания городов, а также обеспечения дорожной безопасности при функционировании автомобильного транспорта.

Системные заторы приводят к большим затратам времени на поездки граждан, как на индивидуальном, так и на общественном транспорте. Низок уровень комфортности и безопасности этих поездок.

Актуальность исследования. Заторы, возникающие ежедневно в одних и тех же местах - результат несоответствия пропускной способности улично-дорожной сети интенсивностям движения транспорта. Одним из параметров, оценивающих эффективность системы организации дорожного движения, является уровень обслуживания дорожного движения, представляющим собой показатель, выражающий отношение средней скорости движения транспортных средств, к скорости транспортных средств в условиях свободного движения. Этот показатель закреплен в Постановлении Правительства РФ от 16 ноября 2018 г. N 1379 «Об утверждении Правил определения основных параметров дорожного движения и ведения их учета». Постановление Правительства РФ №1379 разработано во исполнение Федерального Закона № 443-ФЗ «Об организации дорожного движения в Российской Федерации и о внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации», который вступил в силу 29 декабря 2018 года и

призван регулировать общественные отношения, возникающие в процессе организации дорожного движения.

Указанные документы регулируют полномочия органов государственной власти и местного самоуправления в сфере организации дорожного движения, определяют общие требования к мониторингу дорожного движения, порядку подготовки документации, проектов и схем организации движения, осуществления федерального и регионального государственного контроля в этой сфере и другие вопросы. Закрепляется необходимость обеспечения социально-экономического развития территории РФ, приоритет отводится безопасности дорожного движения по отношению к потерям времени (задержкам) при движении транспортных средств и (или) пешеходов, а также обеспечение экологической безопасности и др.

В соответствии с указанными Правилами, определение уровня обслуживания городской улицы основано на классе городской улицы и средней скорости движения. В апреле 2019 г. был подписан Приказ Министерства транспорта РФ № 114 «Об утверждении Порядка мониторинга дорожного движения». В этом документе приводится градация средних скоростей движения транспортных средств, соответствующих требуемому уровню обслуживания для разных категорий городских улиц. Реальный анализ состояния движения городских транспортных потоков показывает, что эти значения показателя «уровень обслуживания дорожного движения» не достигаются.

В настоящий момент в Российской Федерации существует необходимость в разработке методических подходов к обеспечению требуемых значений основных параметров дорожного движения, в том числе требуемому уровню обслуживания, обеспечивающих исполнение количественных значений, закрепленных в приведенных выше нормативных документах. Сохраняет остроту проблема повышения показателя уровень обслуживания дорожного движения на улично-дорожной сети до требуемых значений и требует для ее решения привлечения научных знаний.

Степень разработанности исследования. Системный анализ выявленных источников показал, что в настоящее время в научных трудах в Российской Федерации и за рубежом вопросы организации движения на автомобильных дорогах в сфере обеспечения уровня обслуживания дорожного движения исследованы недостаточно глубоко. Большое количество работ посвящено рассматриваемой тематике, но все они относятся к отдельным направлениям совершенствования дорожного движения. Недостаточно проработан комплексный подход, который позволял бы прорабатывать решения для целостных маршрутов движения по сети улиц и дорог и учитывал бы изменения планировочных решений, организации движения и управления им.

Развитием теории организации дорожного движения занимались такие иностранные и отечественные исследователи, как D. Drew, N. Gartner, В. Kerner, R. Herman, F. Haight, В.М. Визгалов, В.А. Гудков, В.Г. Живоглядов, Г.И. Клинковштейн, А.Н. Красников, Е.М. Лобанов, С.Б. Фишельсон.

В настоящее время теоретическими и практическими вопросами, связанными с организацией и безопасностью дорожного движения на улично-дорожной сети (УДС) – транспортной, экологической, социальной, активно занимаются такие российские и иностранные ученые, как – R. Vabits, K. Chen, R. Mahnke, T. Mathew, Р.В. Андронов, А.С. Афанасьев, Л.В. Булавина, А.В. Гасников, А.Э. Горев, В.Н. Добромиров, С.А. Евтюков, С.В. Жанказиев, В.В. Зырянов, В.Т. Капитанов, В.А. Корчагин, В.Г. Кочерга, П.А. Кравченко, Ю.А. Кременец, В.Н. Ложкин, Л.А. Лосин, А.Ю. Михайлов, Н.А. Наумова, А.Н. Новиков, П.А. Пегин, А. М. Плотников, И.Н. Пугачев, В.В., Селиверстов С.А., Селиверстов Я. А., Сильянов, А.И. Солодкий, А.А. Цариков, В.В. Чванов, М.Р. Якимов и другие.

Вместе с тем теоретические и практические методы организации дорожного движения требуют постоянной доработки и совершенствования, создания единого подхода к оценке сложившейся ситуации на УДС и

разработке рекомендаций для ее улучшения, как с технической, так и с экономической точки зрения.

Существует богатый опыт крупных городов Западной Европы, технологии и результаты его использования в Восточной Европе. Необходимо проанализировать не отдельные решения, а совокупность мероприятий с учетом положений нормативно-правовых документов, которые показали свою реальную эффективность, и применить их к ситуации в городских условиях нашей страны.

Объект исследования – организация и управление дорожным движением на улично-дорожной сети крупных городов.

Предмет исследования – способы повышения уровня обслуживания дорожного движения в городских условиях.

Целью исследования является разработка Методики повышения уровня обслуживания дорожного движения на улично-дорожной сети как средства повышения эффективности функционирования городских транспортных систем.

Задачи исследования:

- разработать методику повышения уровня обслуживания дорожного движения в городских условиях, включающую в себя алгоритм формирования опорной улично-дорожной сети и рекомендации по применению комплексов мероприятий по повышению уровня обслуживания дорожного движения с учетом фактических ограничений их использования в конкретных условиях, обеспечивающую более эффективную и безопасную работу автомобильного транспорта;

- провести анализ теоретических и научно-практических подходов к оценке условий движения автомобильного транспорта, уровню обслуживания дорожного движения и способам его повышения в городах с целью определения наиболее рациональных подходов, доказавших свою эффективность;

- определить технические, технологические, эксплуатационные, психологические и др. факторы, влияющие на соответствие уровня обслуживания дорожного движения для различных категорий городских улиц, с целью учета их негативного влияния при разработке Методики;

- определить степень влияния различных комплексов мероприятий по повышению уровня обслуживания дорожного движения на основе практического применения разработанной методики повышения уровня обслуживания дорожного движения.

Научная новизна исследования заключается в следующем:

1. Разработан алгоритм включения городских улиц в опорную улично-дорожную сеть, отличающийся от принятого введением новых критериев - доля реализуемых по улице корреспонденций, определяющих магистральные улицы общегородского значения и превышение интенсивности движения над средневзвешенной по улично-дорожной сети.

2. Разработана классификация типов мероприятий по повышению уровня обслуживания дорожного движения, позволяющая определить основные факторы и ограничения по их выбору для повышения уровня обслуживания дорожного движения, сформированная впервые.

3. Разработаны рекомендации по формированию комплексов мероприятий различного типа по повышению уровня обслуживания дорожного движения с учетом фактических ограничений их использования в конкретных условиях.

4. Разработана методика повышения уровня обслуживания дорожного движения в городских условиях, отличающаяся тем, что с целью повышения этого показателя до требуемых значений, включает в себя алгоритм формирования опорной улично-дорожной сети и рекомендаций по применению комплексов мероприятий по повышению уровня обслуживания дорожного движения с учетом фактических ограничений их использования в конкретных условиях, обеспечивая более эффективную и безопасную работу автомобильного транспорта, предложенная впервые.

Теоретическая и практическая значимость исследования.

Теоретическая значимость работы состоит в разработанных автором новых научно-методических подходах, отличающихся тем, что позволяют определять объект, на котором необходимо совершенствовать организацию дорожного движения, с целью обеспечения требуемого уровня обслуживания дорожного движения на улично-дорожной сети крупных городов. Практическая значимость заключается в повышении уровня транспортного обслуживания посредством внедрения разработанной методики в практику транспортного планирования дорожного движения и управления им в крупных городах. Методика повышения уровня обслуживания дорожного движения в городских условиях позволяет обоснованно выбирать комплексы мероприятий по совершенствованию организации движения для повышения скорости сообщения при перевозке пассажиров и грузов в городских условиях.

Методология и методы исследования. Теоретико - методологической основой диссертационного исследования явились методы системного подхода и системного анализа теоретических и практических положений в сфере организации и обеспечения безопасности дорожного движения, теория принятия решений. Исследование выполнено на основе современных достижений теории проектирования и развития транспортных систем, измерения параметров дорожного движения и моделирования транспортных потоков.

Положения, выносимые на защиту:

- алгоритм формирования опорной улично-дорожной сети;
- классификация типов мероприятий по повышению уровня обслуживания дорожного движения, основные факторы и ограничения по их выбору;
- рекомендации по формированию комплексов мероприятий по повышению уровня обслуживания дорожного движения с учетом фактических ограничений их использования в конкретных условиях;

- методика повышения уровня обслуживания дорожного движения в городских условиях.

Достоверность научных результатов. Достоверность научных результатов обусловлена использованием теоретических разработок ведущих научных школ, соответствием действующей нормативно-правовой документации, использованием современного математического аппарата и подтверждается сопоставимостью теоретических и экспериментальных результатов, их практическим использованием.

Апробация. Основные положения и результаты исследования были представлены в научных докладах и сообщениях на различных конференциях (68-я, 69-я, 71-я, 72-я международная научно-практическая конференция «Актуальные проблемы безопасности дорожного движения», СПбГАСУ, 7-й, 10-й международный молодежный форум «Образование. Наука. Производство» (Белгород), 74, 75-я научная конференция «Архитектура-строительство-транспорт», СПбГАСУ, IV Международная научно-практическая конференция «Транспортное планирование и моделирование», Санкт-Петербург, 11-12 апреля 2019 г., Международная научно-техническая конференция «ИНТЕРСТРОЙМЕХ-2019», Казань, 12-13 сентября 2019 г., XIV Международной научно-практической конференции «Прогрессивные технологии в транспортных системах», Оренбург, 20-22 ноября 2019 г.).

Реализация результатов работы. Основные результаты теоретических и экспериментальных исследований приняты к практическому использованию при разработке программ комплексного развития транспортной инфраструктуры (ПКРТИ) и комплексных схем организации дорожного движения (КСОДД) в работе компании «*SIMETRA* (A+S ТРАНСПРОЕКТ)».

Основные положения данного исследования включены в учебные дисциплины «Транспортные системы мегаполисов» и «Организация дорожного движения» в Санкт-Петербургском государственном архитектурно-строительном университете при подготовке бакалавров по направлению подготовки 23.03.01 «Технология транспортных процессов», а

также используются при решении практических задач аспирантами и сотрудниками по заявкам заказчиков проектных работ.

Публикации. По теме диссертационной работы опубликовано 13 печатных работ, одна из которых в изданиях, входящих в международные системы цитирования (Scopus) и три в изданиях из перечня рецензируемых научных журналов и изданий для опубликования основных научных результатов (ВАК).

Структура и объем работы. Диссертационная работа изложена на 171 странице печатного текста, состоит из введения, четырех глав, основных выводов, заключения, библиографического списка использованной литературы из 137 наименований научных работ отечественных и зарубежных авторов, законодательных, нормативно-технических актов, содержит 21 таблицу, 35 рисунков.

Работа выполнена в 2014 – 2020 гг. на кафедре «Транспортные системы» Санкт-Петербургского государственного архитектурно-строительного университета («СПбГАСУ», г. Санкт-Петербург).

Глава 1. АНАЛИЗ МЕТОДОВ ОЦЕНКИ И ОБЕСПЕЧЕНИЯ УРОВНЯ ОБСЛУЖИВАНИЯ ДОРОЖНОГО ДВИЖЕНИЯ В ГОРОДАХ

1.1. Анализ проблем движения транспорта в крупных городах в условиях насыщенных транспортных потоков

Проблема организации движения транспорта в крупных городах в условиях насыщенных транспортных потоков становится все более актуальной в связи с увеличением численности транспортных средств и темпом автомобилизации, опережающим развитие транспортной инфраструктуры городов. Движение транспорта в условиях насыщенных транспортных потоков (ТП) характеризуется интенсивностью, составом и скоростью движения, интервалами между автомобилями и плотностью потока. Вследствие взаимодействия автомобилей в потоке все эти характеристики функционально связаны друг с другом. Действующая, исторически сформировавшаяся, дорожная сеть не справляется с существующей нагрузкой, что приводит к системным заторам, а следовательно, к большим затратам времени на поездки граждан, как на индивидуальном, так и на общественном транспорте [81].

Заторы, возникающие ежедневно в одних и тех же местах – результат несоответствия пропускной способности улично–дорожной сети интенсивностям движения транспорта [83]. Неэффективная система управления светофорной сигнализацией, которая характеризуется недостаточным развитием автоматизированных систем управления дорожным движением, использованием устаревших технологий управления светофорной сигнализацией, широким использованием диспетчерского (ручного) управления, лишь усугубляет сложившуюся ситуацию.

Несмотря на значительное количество нормативной документации по организации дорожного движения, которая появляется в правовом поле, например [52], [95], отсутствует четкое понятие «транспортный затор». В работе [32], затор – это состояние транспортного потока, когда длительность

задержки транспортных средств на пересечении составляет более длительности одного цикла. В другой работе [3], затор на регулируемом пересечении определяют, как состояние транспортного потока, при котором транспортные средства, прошедшие за время (одного) цикла светофора, не успевают полностью проехать его за его разрешающую фазу.

Развитием теории организации дорожного движения занимались такие иностранные и отечественные исследователи, как D. Drew [20], N. Gartner [124], В. Kerner [129], R. Herman [122, 128], F. Haight [127], В.М. Визгалов, В.А. Гудков, Г.И. Клинковштейн, А.Н. Красников, Е.М. Лобанов, М.Л. Петрович [58-60], С.Б. Фишельсон.

В настоящее время теоретическими и практическими вопросами, связанными с организацией движения автомобильного транспорта, обеспечением дорожной и экологической безопасности на улично-дорожной сети, активно занимаются такие российские и иностранные ученые, как – R. Babit [117], K. Chen [119], R. Mahnke [130], T. Mathew [131], Р.В. Андронов [1-4], А.С. Афанасьев [6], Л.В. Булавина [8], А.В. Гасников [15], А.Э. Горев [94], В.Н. Добромиров, С.А. Евтюков, С.В. Жанказиев [23-25], В.Г. Живоглядов [26-27], В.В. Зырянов [29], В.Т. Капитанов [31], В.А. Корчагин [33], В.Г. Кочерга [35], П.А. Кравченко [36], Ю.А. Кременец, В.Н. Ложкин [38], А.Ю. Михайлов [44-45], Н.А. Наумова [48], А.Н. Новиков [51], П.А. Пегин [55-57], А. М. Плотников [61], И.Н. Пугачев [67, 76-78, 90], Селиверстов С.А. [73], Селиверстов Я.А. [135], В.В. Сильянов [74-75, 88], А.И. Солодкий [79-84], А.А. Цариков [99-10], В.В. Чванов [102-106, 120], М.Р. Якимов [92, 114-116] и другие.

Проблемы транспортного обеспечения городов приводят к серьезному ухудшению качества жизни населения и усложняют развитие субъектов экономической деятельности [14]. Ранее накопленный опыт решения транспортных проблем, ориентированный на движение уровнями загрузки до 0,5-0,6, в сегодняшних условиях не работает, т.к. принципиально изменились

условия движения, значительная часть магистральной сети функционирует при загрузках близких к 1,0 и даже превышающих его [82].

Результатом является снижение качества автомобильных перевозок и их надежности, эффективности работы всех городских служб, качества жизни населения. Все вышесказанное можно перевести в денежный эквивалент, объединить общим понятием социально-экономические потери пользователей улично-дорожной сети города [4].

По данным международного рейтинга *TomTom*, который включает города с самыми значительными проблемами в плане загруженности автомобильных дорог, Санкт-Петербург занимает седьмое место. В 2015 году процент загруженности автодорог в Санкт-Петербурге составил 44%, на три позиции опередив Москву (50% загруженности) [13]. В рейтинг входят показатели загруженности автомобильных дорог больше чем в двухстах городах мира. Индекс *TomTom* основан на сравнении среднего показателя движения в городе в свободные часы и в период часа пик. За последние годы ситуация несколько улучшилась по сравнению с другими городами, входящими в данный рейтинг, но в целом уровень загрузки улично-дорожной сети остается предельным.

В крупных городах, имеющих высокоинтенсивное движение на магистральных улицах, появляется также дополнительная нагрузка от транзитного транспорта. Особенно актуально это для улиц, являющихся продолжением дорог общей сети, по которым происходит ввод транспортных потоков, в том числе и транзитных, на городскую улично-дорожную сеть [22].

На отдельных участках УДС, помимо основной проблемы «заторов», возникающей в крупных городах в результате снижения скорости движения, вызванной влиянием различных негативных факторов, гораздо реже, но тоже имеет место быть противоположная проблема – постоянные заторы провоцируют водителей нагонять потерянное время и повышать скорость движения.

Возрастает влияние негативных факторов, вызванных увеличением скорости движения:

- увеличение уровня загрязнения и шума, а также рост эксплуатационных расходов (возрастает потребление топлива и масла, ускоряется изнашивание шин);
- повышение риска ошибки и быстрое наступление усталости водителя;
- высокий риск совершения ДТП в ночное время (фары ближнего света освещают участок протяженностью всего 30 м, и на скорости свыше 70 км/ч столкновение с внезапно возникшим в освещенной зоне препятствием становится неизбежным) [65];
- значительное увеличение шума транспортного потока, что существенно снижает качество жизни населения, особенно в городских зонах;
- ухудшение сцепления дорожного покрытия с шиной колес.

Исследования показали, что в общем транспортном потоке не менее 15% водителей ведут автомобили со скоростью, превышающей скорость транспортного потока, а до 40 % - допускают ошибки в сторону занижения скорости своего автомобиля [19].

Доказано влияние скоростного режима на износостойкость подшипников коленчатого вала - при движении автомобиля на разных скоростях, изменяется и степень износа [85].

Необходим поиск золотой середины, определение таких оптимальных показателей скорости движения транспортного потока, которые обеспечивали бы максимальную пропускную способность транспортной сети в «часы пик», и максимальную безопасность дорожного движения (БДД) для всех участников дорожного движения в периоды наименьшей интенсивности движения.

Решению проблемы транспортной загруженности городов может способствовать организация равномерного движения автомобильного транспорта [9]. В существующей научной литературе термин «равномерное движение транспорта» не используется и не имеет точного определения.

Проводя аналогию движения транспортного потока, как движения отдельного материального объекта, введем определение «равномерное движения транспорта», используя классическое определение равномерного движения тела в пространстве [10]. Равномерное движение транспорта – это движение, при котором величина скорости транспортного потока на всем протяжении пути находится в узком диапазоне или остаётся неизменной, без резкого увеличения или, наоборот, снижения скорости до минимальных значений (полной остановки).

Скорость движения и транспортные потери зависят от равномерности движения транспортного потока по маршруту движения [17]. Равномерное движение транспорта обеспечивает наиболее эффективное использование пропускной способности улично–дорожной сети, существенно повышается скорость сообщения и соответственно уменьшается время передвижения, поездка становится намного более комфортной, как для водителя, так и для пассажиров [11]. Равномерное движение исключает необходимость лишних маневров на дороге – перестроений, торможений и т. п., и таким образом, увеличивает безопасность движения, снижая конфликтные ситуации на дороге между участниками движения. Частые остановки автомобилей у перекрестков значительно ускоряют износ ходовой части транспортных средств и разрушают дороги с образованием сдвигов и волн [1]. Во время остановки транспорта у перекрестков и в момент начала движения двигателя, работая вначале вхолостую, а затем на малых оборотах, выделяют значительное количество выхлопных газов, загрязняющих воздух в городах. Выброс вредных веществ в режиме затора в 2,5 раза больше, чем при скорости 40- 60 км/ч. Независимо от типа легкового автомобиля, его возраста и марки используемого топлива минимальные выбросы оксида азота (наиболее опасное загрязняющее вещество, выделяющееся с отработавшими газами автомобилей), наблюдаются при равномерном движении автомобиля без остановок и разгонов в диапазоне скоростей от 40 до 90 км/ч [39].

Положительный эффект от обеспечения равномерного движения транспорта очевиден, однако в городских условиях его реализация является крайне сложной задачей [12]. Движение в населенных пунктах, как правило, характеризуется высокой интенсивностью, частыми началом движения и остановкой, изменениями скоростных режимов, перестроениями и поворотами, интенсивным движением пешеходов, уменьшенной дистанцией, значительным объемом дорожной информации [30]. То есть имеют место очень сложные дорожные условия (ДУ). Все это необходимо учитывать при строительстве новой городской магистрали или реконструкции уже существующей. Должна быть создана и внедрена в производство такая методика, которая позволила бы органам управления дорожным хозяйством обеспечивать требуемый уровень обслуживания дорожного движения не только на отдельных участках УДС, но и обеспечивать согласованное движение потока по всему направлению.

1.2. Обеспечение требуемого уровня обслуживания дорожного движения в городах и его влияние на качество функционирования автомобильного транспорта

Федеральный Закон № 443-ФЗ «Об организации дорожного движения в Российской Федерации и о внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации», который вступил в силу 29 декабря 2018 года, призван регулировать общественные отношения, возникающие в процессе организации дорожного движения. Кроме этого, Федеральный Закон устанавливает порядок определения основных параметров дорожного движения, ведения их учета, использования учетных сведений и формирования отчетных данных в области организации дорожного движения, который закреплен Постановлением Правительства РФ от 16 ноября 2018 г. N 1379. В Постановлении Правительства РФ № 1379 отмечено, что одним из параметров, оценивающим эффективность организации дорожного движения, является уровень обслуживания дорожного движения, представляющим собой

показатель, выражающий отношение средней скорости движения транспортных средств, к скорости транспортных средств в условиях свободного движения (табл. 1) [63].

Таблица 1

Уровень обслуживания дорожного движения

Уровень обслуживания	Отношение средней скорости движения транспортных средств к скорости транспортных средств в условиях свободного движения (процентов)
А	≥ 90
В	70-90
С	50-70
D	40-50
Е	33-40
F	≤ 33

В зарубежных источниках, в частности [126], уровень обслуживания (level of service LOS) - это показатель, описывающий условия движения в транспортном потоке, как правило, с точки зрения таких показателей, как скорость движения и время в пути, свобода маневрирования, а также комфорт и удобство. Уровень обслуживания дорожного движения – один из самых универсальных критериев оценки качества дорожного движения, предложенный в середине прошлого века американским ученым Д. Дрю [20].

Уровень обслуживания - это концепция, введенная для того, чтобы связать качество транспортного обслуживания с заданной скоростью потока, используемая для определения того, насколько хорошо работает транспортное средство с точки зрения пользователя [125], [131], [134], а также с точки зрения водителей автомобилей, пассажиров городского пассажирского транспорта (ГПТ), велосипедистов и пешеходов, так называемый мультимодальный уровень обслуживания [132]. Как правило, определяются шесть уровней обслуживания, и каждому присваивается буквенное обозначение от А до F, где уровень обслуживания А представляет наилучшие условия работы, а уровень обслуживания F – худшее.

Уровень обслуживания в городских условиях на улицах и дорогах с регулируемым движением, существенно отличается от уровня обслуживания на загородных дорогах или при нерегулируемом движении. Существует следующий порядок измерения уровня обслуживания на участке городской улицы:

- определение объекта повышения уровня обслуживания;
- определение пикового часового объема и пикового часового коэффициента;
- определение скорости свободного потока;
- классификация типа и класса городской улицы;
- определение времени работы, времени задержки и, следовательно, определение средней скорости движения в часы пик и часы наименьшей загрузки сети;
- анализ данных для определения уровня обслуживания [121].

Критерии определения уровня обслуживания городской улицы основаны на категории городской улицы и средней скорости движения [119]. Если объем спроса в какой-либо точке превышает пропускную способность сегмента, то рассчитанная средняя скорость движения может не быть хорошим показателем уровня обслуживания [133]. На вышеуказанных этапах описывается определение категории городской улицы и средней скорости движения, и с помощью приведенной таблицы 2 проводится определение уровня обслуживания городской улицы [117].

Таблица 2

Уровень обслуживания для различных категорий городских улиц США

Категория городской улицы	I	II	III	IV
Уровень обслуживания	Средняя скорость движения транспортных средств (км/ч)			
A	>72	>59	>50	>41
B	>56-72	>46-59	>39-50	>32-41
C	>40-56	>33-46	>28-39	>23-32
D	>32-40	>26-33	>22-28	>18-23

E	>26-32	>21-26	>17-22	>14-18
F	≤26	≤21	≤17	≤14

Определение уровня обслуживания полностью основано на средней скорости движения, времени задержки, времени пробега, категории и классе городской улицы. Для городских улиц, в качестве минимального, требуется уровень обслуживания С, как указано в Highway Capacity Manual 2010 [123]. Это означает, что для разных городских улиц средняя скорость движения варьируется от 40-56 км/ч для городских улиц I категории до 23-32 км/ч для городских улиц IV категории.

В США с 1944 г. функционирует специальный комитет, который занимается вопросами разработки нормативных и методических документов, для которого показатель уровня обслуживания включен в перечень ключевых показателей эффективности работы [118].

Что касается уровня обслуживания для городских улиц в Российской Федерации, 18 апреля 2019 г. был подписан Приказ Министерства транспорта РФ № 114 «Об утверждении Порядка мониторинга дорожного движения». В этом документе приводится градация средних скоростей движения транспортных средств в соответствии с уровнем обслуживания для разных категорий городских улиц (табл. 3) [80].

Таблица 3

Уровень обслуживания для различных категорий городских улиц (РФ)

Категория городской улицы	Магистральные улицы общегородского значения регулируемого движения (2-го и 3-го класса)	Магистральные улицы районного значения	Улицы и дороги местного значения	Дороги местного значения (включая улицы) в производственных зонах
Уровень обслуживания	Средняя скорость движения транспортных средств (км/ч)			
A	60-50	>85	40-34	50-43
B	50-40	85-67	34-27	43-34
C	40-30	67-50	27-20	34-25

D	30-24	50-40	20-16	25-20
E	24-18	30-40	16-12	20-15
F	<18	<30	<12	<15

Указанные документы регулируют полномочия органов государственной власти и местного самоуправления в сфере организации дорожного движения, определяют общие требования к мониторингу дорожного движения, порядку подготовки документации, проектов и схем организации движения, осуществления федерального и регионального государственного контроля в этой сфере и другие вопросы. Закрепляется необходимость обеспечения социально-экономического развития территории РФ, приоритет отводится безопасности дорожного движения по отношению к потерям времени (задержкам) при движении транспортных средств и (или) пешеходов, а также обеспечение экологической безопасности и др [89]. Указано, что необходимо делать в сфере организации дорожного движения, но отсутствуют документы и методики, которые указывают как следует достигать цели, поставленные в нормативных документах.

Во исполнение приведенных выше нормативно-правовых документов, за последние годы были разработаны методические рекомендации по разработке и реализации мероприятий по организации дорожного движения в отношении:

- использования программных продуктов математического моделирования транспортных потоков при оценке эффективности проектных решений в сфере организации дорожного движения [41];
- организации динамической маршрутизации транспортных потоков [42];
- организации дорожного движения на регулируемых пересечениях [43].

Все эти документы носят рекомендательный характер и направлены на улучшение показателей эффективности движения транспортных потоков, в том числе на уровень обслуживания дорожного движения.

Повышение эффективности функционирования дорожного движения – предмет исследования кандидатских диссертаций, значительное количество из них посвящено влиянию отдельных элементов, таких как:

- пешеходное движение и пешеходные переходы (Н.А. Наумова, М.Г. Симуль, Е.Н. Чикалин [47], [76], [113]);
- регулируемые пересечения городских улиц (А.А. Цариков, А.Г. Левашев, Андронов [1], [37], [101]);
- парковка автомобильного транспорта (С.М. Храпова [98]);
- движение маршрутного транспорта общего пользования (И.П. Димова, А.В. Косцов [18], [34]);
- состояние дорожного покрытия (Р.И. Хасанов [97]);
- управление дорожным движением (А.А. Феофилова, Е.А. Румянцев, С.Е. Тебеньков [71], [91], [96]) и другие.

Исследование оценки влияния отдельных элементов УДС на эффективность организации дорожного движения, безусловно, важная задача, позволяющая детально проработать степень влияния отдельных элементов и предложить рекомендации по снижению их негативного влияния. Но по-настоящему действенными решениями является только комплексный подход, учитывающий влияние сразу всех элементов УДС в совокупности.

В настоящий момент в Российской Федерации движение транспортного потока оценивается с помощью отраслевого дорожного методического документа «Методические рекомендации по оценке пропускной способности автомобильных дорог» (ОДМ 218.2.020-2012), разработанного Автономной некоммерческой организацией «Институт Проблем Безопасности Движения», Московским автомобильно-дорожным государственным техническим университетом (МАДИ), Иркутским государственным техническим университетом, Тихоокеанским государственным университетом, ФГУП «РОСДОРНИИ», ООО «ИНЭМДорТранс» по заказу Росавтодора. Данный документ был разработан взамен «Руководства по оценке пропускной

способности автомобильных дорог» одобренного Министерством автомобильных дорог РСФСР в 1982 г.

Основными характеристиками уровней обслуживания являются: коэффициент (уровень) загрузки дороги движением, коэффициент скорости, коэффициент насыщения движением [5].

Определение основных параметров:

1. Коэффициент загрузки движения Z вычисляется по формуле (1):

$$Z = N / P, \quad (1)$$

где N - интенсивность движения (существующая или перспективная), легковых авт/ч; P - практическая пропускная способность, легковых авт/ч.

2. Коэффициент скорости движения C вычисляют по формуле (2):

$$C = V_z / V_o, \quad (2)$$

где V_z - средняя скорость движения при рассматриваемом уровне удобства, км/ч; V_o - скорость движения в свободных условиях при уровне удобства A , км/ч.

3. Коэффициент насыщения движением p вычисляется по формуле (3):

$$p = q_z / q_{max}, \quad (3)$$

где q_z - средняя плотность движения при рассматриваемом уровне загрузки, авт/км; q_{max} - максимальная плотность движения, авт/км.

Различают шесть уровней обслуживания движения на дорогах, характеристика которых приведена в таблице 4.

Таблица 4

Характеристика уровней обслуживания движения

Уровень обслуживания движения	z	c	p	Характеристика потока автомобилей	Состояние потока	Эмоциональная нагрузка водителя	Удобство работы водителя	Экономическая эффективность работы дороги
A	<0,2	>0,9	<0,1	Автомобили	Свободное	Низкая	Удобно	Неэффективна

				движутся в свободных условиях, взаимодействие между автомобилями отсутствует	движение одиночных автомобилей с большой скоростью			вная
<i>B</i>	0,2-0,45	0,7-0,9	0,1-0,3	Автомобили движутся группами, совершается много обгонов	Движение автомобилей малыми группами (2-5 шт.). Обгоны возможны	Нормальная	Мало удобно	Мало эффективная
<i>C</i>	0,45-0,7	0,55-0,7	0,3-0,7	В потоке еще существуют большие интервалы между автомобилями, обгоны запрещены	Движение автомобилей большими группами (5-14 шт.). Обгоны затруднены	Высокая	Неудобно	Эффективная
<i>D</i>	0,7-0,9	0,4-0,55	0,7-1,0	Сплошной поток автомобилей, движущихся с малыми скоростями	Колонное движение автомобилей с малой скоростью. Обгоны невозможны	Очень высокая	Очень неудобно	Неэффективная
<i>E</i>	0,9-1,0	<0,4	1,0	Поток движется с остановками, возникают заторы, режим пропускной способности	Плотное	Очень высокая	Очень неудобно	Неэффективная
<i>F</i>	>1,0	0,3	1,0	Полная остановка движения, заторы	Сверх плотное	Крайне высокая	Крайне неудобно	Неэффективная

Согласно [52], уровень обслуживания *A* соответствует условиям, при которых отсутствует взаимодействие между автомобилями. Максимальная интенсивность движения не превышает 20 % от пропускной способности. Водители свободны в выборе скоростей. Скорость практически не снижается с ростом интенсивности движения. По мере увеличения загрузки число дорожно-транспортных происшествий несколько уменьшается, но практически все они имеют тяжелые последствия.

При уровне обслуживания *B* проявляется взаимодействие между автомобилями, возникают отдельные группы автомобилей, увеличивается число обгонов. При верхней границе обслуживания число обгонов наибольшее. Максимальная скорость на горизонтальном участке составляет примерно 80 % от скорости в свободных условиях, максимальная интенсивность – 50 % от пропускной способности. Скорости движения быстро снижаются по мере роста интенсивности. Число дорожно-транспортных происшествий увеличивается с ростом интенсивности движения.

При уровне обслуживания *C* происходит дальнейший рост интенсивности движения, что приводит к появлению колонн автомобилей. Максимальная интенсивность составляет 75 % от пропускной способности. Число обгонов сокращается по мере приближения интенсивности к предельной для данного уровня. Максимальная скорость на горизонтальном участке составляет 70 % от скорости в свободных условиях; отмечаются колебания интенсивности движения в течение часа. С ростом интенсивности движения скорости снижаются незначительно. Общее число дорожно-транспортных происшествий увеличивается с ростом интенсивности движения.

При уровне обслуживания *D* скорость начинает уменьшаться с увеличением загрузки дороги движением, плотность движения резко возрастает. Свобода маневрирования автомобилей ограничена, и водители ощущают снижение физического и психологического уровня комфорта. Даже

при небольших дорожно-транспортных происшествиях возникают заторы, связанные с отсутствием возможности объезда мест совершения ДТП.

При уровне обслуживания *D* формируется колонное движение с небольшими разрывами между колоннами. Обгоны отсутствуют. Между проходами автомобилей в потоке преобладают интервалы меньше 2 с. Наибольшая скорость составляет 50-55 % от скорости движения в свободных условиях. Скорости движения с ростом интенсивности меняются незначительно. Число дорожно-транспортных происшествий непрерывно увеличивается и начинает несколько снижаться при интенсивности движения, близкой к пропускной способности.

При уровне обслуживания *E* автомобильная дорога работает на уровне предела пропускной способности, автомобили движутся непрерывной колонной с частыми остановками; скорость в периоды их движения составляет 35-40 % от скорости в свободных условиях, а при заторах равна нулю. Интенсивность меняется от нуля при возникновении «пробок» и заторов до интенсивности, равной пропускной способности.

Число дорожно-транспортных происшествий снижается по сравнению с другими уровнями загрузки, снижаются тяжесть и величина потерь от ДТП. Могут иметь место цепные дорожно-транспортные происшествия с участием более пяти автомобилей.

При уровне обслуживания *F* наличие участков слияния и переплетения транспортных потоков; интенсивность в час пик превышает пропускную способность дороги, возникает полная остановка движения транспортного потока и заторы. Наблюдаются большие очереди автомобилей перед участками заторов и полной остановки движения. Полная остановка потока автомобилей происходит, как правило, из-за возникновения дорожно-транспортных происшествий, когда количество автомобилей, прибывающих к месту ДТП, значительно превышает количество автомобилей способных проехать место ДТП. Следует отметить, что во всех указанных выше случаях остановки движения коэффициент загрузки превышает 1,0.

В настоящее время уровни обслуживания (удобства) дорожного движения приведены также в ряде других нормативных документах, например в СП 34.13330.2012. Автомобильные дороги. Актуализированная редакция СНиП 2.05.02-85 (приведены в таблице 2) и ГОСТ 33100-2014. Межгосударственный стандарт. Дороги автомобильные общего пользования. Правила проектирования автомобильных дорог (приведены в таблице 3). В ГОСТ 33100-2014 и ОДМ 218.2.020-2012 принято одинаковое обозначение и диапазоны уровней загрузки для характеристики уровня обслуживания дорожного движения [1], [86].

Уровни обслуживания, характеризующие изменение взаимодействия автомобилей в транспортном потоке, следует использовать:

- для обоснования числа полос движения, как на всей дороге, так и на ее отдельных участках (в первую очередь на тех, где в дальнейшем будет затруднена реконструкция: большие мосты, участки, проходящие через плотную застройку; участки с высокими насыпями и эстакадами и др.);
- для обоснования ширины полосы отвода; при разработке стадийных мероприятий по повышению пропускной способности;
- для выбора средств регулирования движения;
- при установлении предельной интенсивности для рассматриваемой категории дорог с учетом района ее проложения и движения на ней.

Важнейшим показателем транспортного потока является средняя скорость движения, определяющая эффективность транспортной сети.

Средняя скорость транспортного потока определяется по следующей формуле (4):

$$v = \frac{n \cdot L}{\sum_{i=1}^n t_i} = \frac{L}{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n t_i} = \frac{L}{t_c} \quad (4)$$

где n – количество автомобилей в потоке; L – протяженность участка дороги, км; t_i – время проезда участка i -м автомобилем с учетом всех задержек, ч; t_c – среднее время проезда участка дороги, ч.

С использованием полученных данных о средних скоростях сообщения можно предсказать предзаторовое состояние потока на определенном участке дороги или свободный режим движения.

Важным значением скорости при определении показателей, характеризующих эффективность организации дорожного движения является скорость сообщения V_c , которая является измерителем времени доставки грузов и пассажиров. Скорость сообщения определяется как отношение расстояния между точками сообщения ко времени нахождения в пути (времени сообщения). Этот же показатель применяется для характеристики скорости по отдельным участкам дорог.

Темп движения является показателем, обратным скорости сообщения, и измеряется временем в секундах, затрачиваемым на преодоление единицы длины пути в километрах.

Графически равномерное движения транспортного потока можно представить в виде диаграммы, как показано на рис. 1.

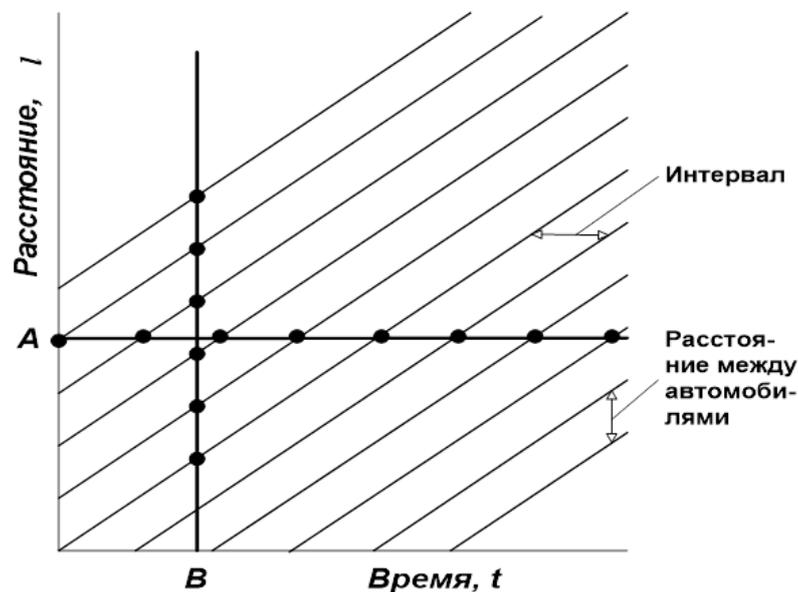


Рис. 1. Равномерный транспортный поток

На диаграмме движение отдельного автомобиля представлено прямой линией – траекторией движения, т.к. принято, что скорость движения постоянна, тогда наклон линии соответствует скорости движения $V = dl / dt$.

Совокупность траекторий движения отдельных автомобилей образует транспортный поток. Точки на диаграмме соответствуют положению отдельных автомобилей в соответствующий момент времени.

Горизонтальная линия A , пересекаясь с траекториями движения автомобилей, представляет интервалы времени, через которые они проезжают определенное сечение дороги (мимо стационарно расположенного наблюдателя). Количество пересечений за единицу времени определяет интенсивность транспортного потока – количество транспортных средств, проходящих за единицу времени в одном направлении на определенном участке дороги.

Вертикальная линия B , пересекаясь с траекториями движения отдельных автомобилей, представляет расстояния между ними. Количество пересечений соответствует числу автомобилей, находящихся на определенном отрезке дороги – плотности транспортного потока.

Между скоростью движения V_a , плотностью q_a и интенсивностью N_a существует соотношение, которое называется фундаментальным выражением транспортного потока (5):

$$N_a = V_a q_a \quad (5)$$

Все три величины в этом выражении находятся в сложной взаимозависимости, поэтому нельзя анализировать его, фиксируя одну из них и произвольно изменяя значение другой (рис. 2).

Повышение скорости движения снижает плотность потока, поэтому интенсивность движения может возрастать, оставаться постоянной или снижаться в зависимости от относительной величины этих двух противодействующих факторов.

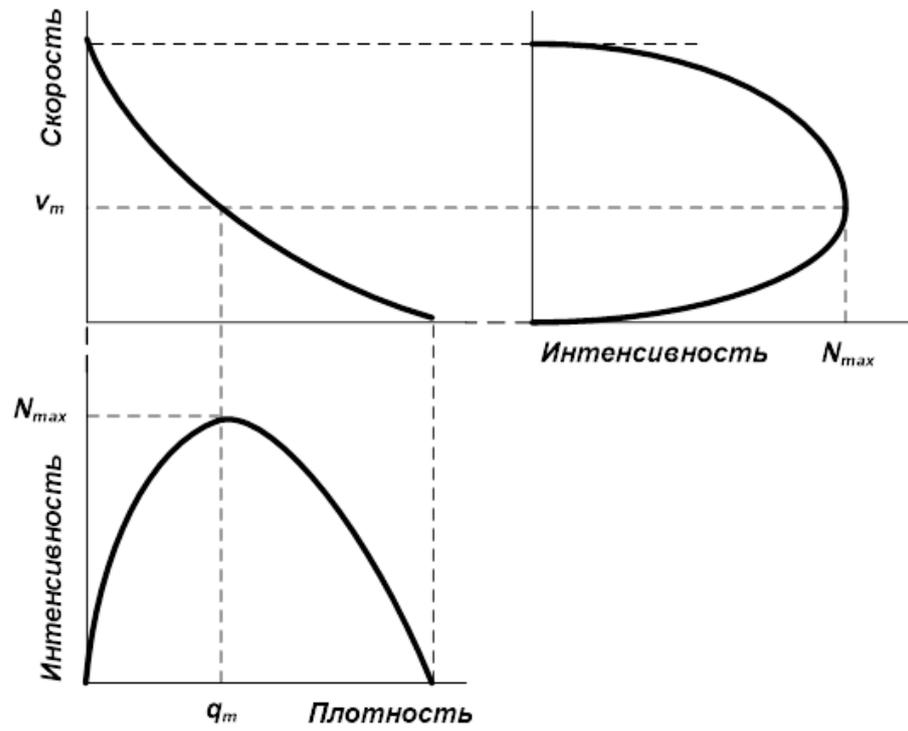


Рис. 2. Зависимости между плотностью, скоростью и интенсивностью транспортного потока

Рассмотрим диаграмму транспортного потока (рис. 3).

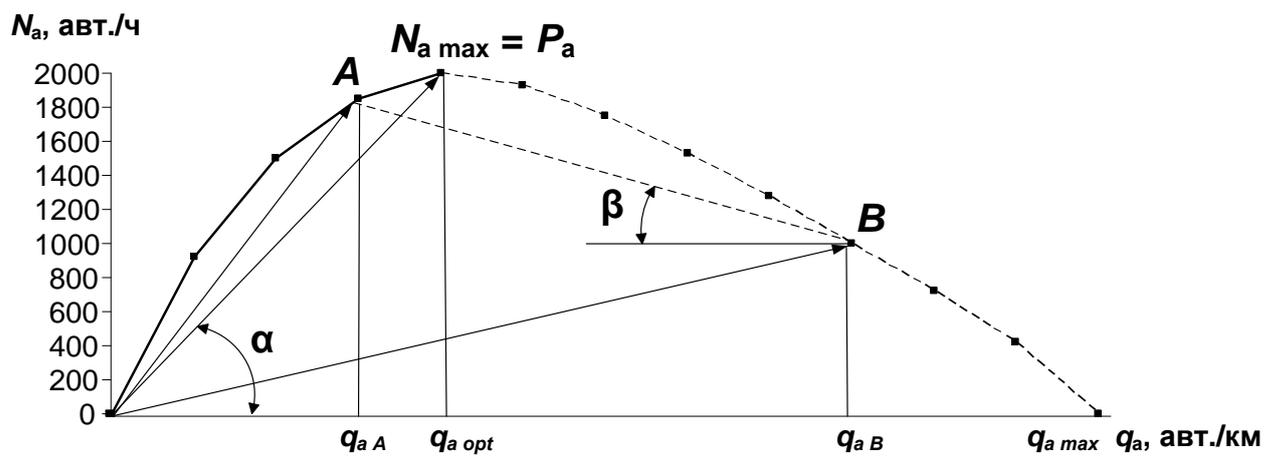


Рис. 3. Диаграмма транспортного потока

Диаграмма отражает изменение состояния однопольного транспортного потока преимущественно легковых автомобилей в зависимости от увеличения его интенсивности и плотности.

Левая часть кривой (показана сплошной линией) отражает устойчивое состояние потока, при котором по мере увеличения плотности транспортный поток проходит фазы свободного, затем частично связанного и, наконец связанного движения, достигая точки максимально возможной интенсивности, т.е. пропускной способности (точка $N_{a \max} = P_a$). В процессе этих изменений скорость потока падает – она характеризуется тангенсом угла наклона α радиуса-вектора, проведенного от точки 0 к любой точке кривой, характеризующей изменение N_a . Соответствующие точке $N_{a \max} = P_a$ значения плотности и скорости потока считаются оптимальными по пропускной способности ($q_{a \text{opt}}$ и $V_{a \text{opt}}$).

При дальнейшем росте плотности (за точкой P_a перегиба кривой) поток становится неустойчивым (эта ветвь кривой показана прерывистой линией).

Резкое торможение потока (находящегося в режиме, соответствующем точке A) и переход его в результате торможений к состоянию по скорости и плотности в положение, соответствующее, например, точке B вызывает так называемую «ударную волну» (показана пунктиром AB), распространяющуюся навстречу направлению потока со скоростью, характеризуемой тангенсом угла β (значение скорости будет отрицательным).

«Ударная волна» является, в частности, источником возникновения попутных цепных столкновений, типичных для плотных транспортных потоков. В точках 0 и $q_{a \max}$ интенсивность движения $N_a = 0$, т.е. соответственно на дороге нет транспортных средств или поток находится в состоянии затора (неподвижности).

Основные параметры дорожного движения влияют на пропускную способность – максимальное значение интенсивности дорожного движения в одном направлении на определенном участке дороги при условии обеспечения безопасности дорожного движения. Она может измеряться в одном или в двух

направлениях в соответствующих дорожных и погодно-климатических условиях.

На пропускную способность участков дорог в пределах городских территорий влияет большое количество различных параметров. Их можно разделить на две группы: геометрические и транспортные.

К геометрическим параметрам относятся:

- число полос, n ;
- средняя ширина полосы, m ;
- продольный уклон, %;
- наличие парковки;
- наличие автобусных остановок;
- радиус кривой в плане, m .

К транспортным параметрам относятся:

- интенсивность движения, прив. ед/ч;
- величина максимальной практической пропускной способности, прив. ед/ч;
- доля грузовых транспортных средств в потоке, %;
- число маневров паркующихся автомобилей, маневр/ч;
- скорость, км/ч.

Расчетное значение пропускной способности группы полос в конкретных дорожных условиях определяется по формуле (6):

$$P = P_{\max} n f_b f_{гр} f_i f_p f_{авт} f_{тер} f_R f_V, \quad (6)$$

где P_{\max} - максимальная практическая пропускная способность, прив. авт./ч;

n - количество полос движения в одном направлении;

f_b - коэффициент, учитывающий ширину полосы движения;

$f_{гр}$ - коэффициент, учитывающий долю грузовых автомобилей в потоке;

f_t - коэффициент, учитывающий продольные уклоны;

f_p - коэффициент, учитывающий помехи, создаваемые паркующимися транспортными средствами;

$f_{\text{авт}}$ - коэффициент, учитывающий помехи, создаваемые автобусами;

$f_{\text{тер}}$ - коэффициент, учитывающий тип территории;

f_{R} - коэффициент, учитывающий радиусы кривой в плане;

f_{V} - коэффициент, учитывающий ограничение скорости.

Максимальная практическая пропускная способность P_{max} устанавливается на эталонном участке при благоприятных погодноклиматических условиях и транспортном потоке, состоящем только из легковых автомобилей.

При расчете пропускной способности (ПС) многополосных улиц следует помнить, что ПС не увеличивается пропорционально количеству полос. Это связано с тем, что на многополосной улице при наличии пересечений в одном уровне, автомобили часто маневрируют для поворотов налево и направо, разворотов на пересечениях и т. д.

Пропускная способность группы полос движения на регулируемом пересечении P_{ji} , ед./ч, определяется по формуле (7):

$$P_{ji} = \frac{S_{ji}g_j}{C}, \quad (7)$$

где S_{ji} – поток насыщения группы полос j в течение фазы i , ед./ч;

g_j – эффективная длительность фазы регулирования i , с;

C – длительность цикла регулирования, с.

Расчетное значение потока насыщения группы полос, авт./ч, в конкретных дорожных условиях определяется по формуле (8).

$$S = S_0 n f_{\text{ш}} f_{\text{у}} f_{\text{п}} f_{\text{А}} f_{\text{Т}} f_{\text{н}} f_{\text{лп}} f_{\text{пп}} f_{\text{лпеш}} f_{\text{ппеш}}, \quad (8)$$

где S_0 – идеальный поток насыщения, прив. авт./ч;

n – количество полос движения в составе группы;

$f_{\text{ш}}$ – коэффициент, учитывающий ширину полосы движения;

f_y – коэффициент, учитывающий продольные уклоны;

f_{Π} – коэффициент, учитывающий помехи, создаваемые паркующимися транспортными средствами;

f_A – коэффициент, учитывающий помехи, создаваемые автобусами;

f_T – коэффициент, учитывающий тип территории;

f_H – коэффициент, учитывающий неравномерность загрузки полос движения;

$f_{\text{ЛП}}$ – коэффициент, учитывающий помехи, создаваемые поворачивающими налево транспортными средствами в составе группы полос;

$f_{\text{ПП}}$ – коэффициент, учитывающий помехи, создаваемые поворачивающими направо транспортными средствами в составе группы полос;

$f_{\text{Лпеш}}$ – коэффициент, учитывающий помехи, создаваемые пешеходами при повороте налево;

$f_{\text{Ппеш}}$ – коэффициент, учитывающий помехи, создаваемые пешеходами при повороте направо.

Снижение максимальной пропускной способности происходит в результате влияния различных факторов.

1.3. Определение факторов, влияющих на соответствие фактического уровня обслуживания дорожного движения требуемому, для различных категорий городских улиц в условиях насыщенных транспортных потоков

Движение насыщенных транспортных потоков в городах не стабильно и изменяется в зависимости от времени суток, состава транспортного потока, направления движения (центр-окраина) и т.д. Для того чтобы уравнять движение транспортного потока необходимо понимать какие факторы на него воздействуют и приводят к нестабильности.

Уровень обслуживания дорожного движения во многом определяется изменением пропускной способности магистралей. На пропускную способность влияет большое количество факторов, зависящих от технических параметров автомобильной дороги, организации движения и управления им и автомобилей. Поэтому для получения надежных данных о пропускной способности должны быть учтены показатели, характеризующие взаимодействие между автомобилями в потоке в различных дорожных условиях.

Рассмотрим изменение пропускной способности на примере участка Пироговской и Выборгской набережных Санкт-Петербурга, которые являются магистралями непрерывного движения (рис. 4). Данные получены путем замера параметров условий движения на рассматриваемом участке, преимущественно в «часы пик».



Рис. 4. Изменение пропускной способности (участок Пироговской и Выборгской набережной Санкт-Петербурга)

На графике показаны две кривые. Верхняя кривая – изменение расчетной пропускной способности с учетом количества полос движения,

нижняя – кривая фактической пропускной способности на данном участке, построенная с учетом изменения скоростного режима движения транспорта. Очевидно, что на участке УДС под Гренадерским мостом наблюдается резкий спад пропускной способности, вызванный понятными причинами (три полосы движения переходят в две полосы). Но, в последствии, когда происходит увеличение полос для движения до трех, из-за низких скоростей движения, вызванных «встраиванием» дополнительного транспортного потока, увеличения пропускной способности практически не наблюдается.

Рассмотрим график зависимости пропускной способности и скорости движения (рис. 5). Наибольшая пропускная способность наблюдается на скорости 50-60 км/ч. Поэтому при снижении скорости движения снижается и пропускная способность.

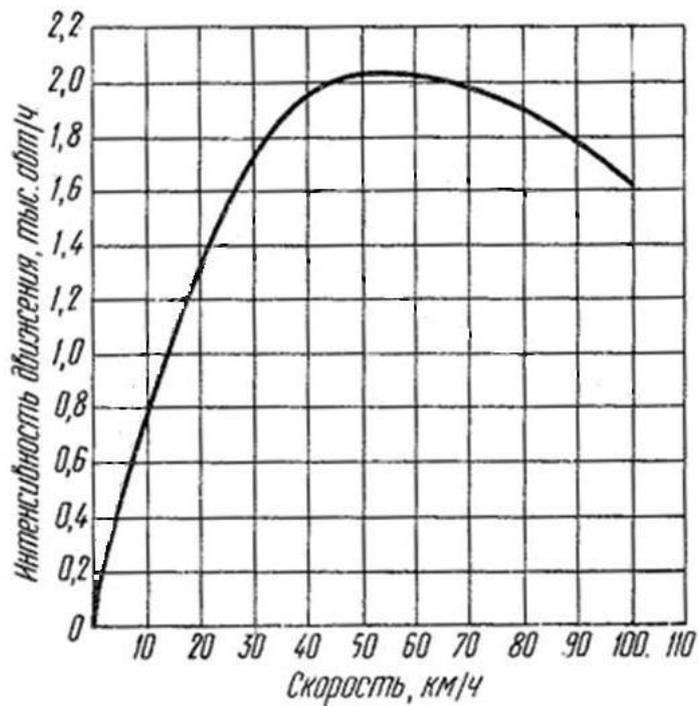


Рис.5. Зависимость пропускной способности от скорости движения автомобильного транспорта

Рассмотрим, как будет изменяться график скорости движения на уже рассмотренном ранее участке (рис. 6).



Рис. 6. Изменение скорости движения (участок Пироговской и Выборгской набережной Санкт-Петербурга)

Как видно из графика, существенное снижение скорости наблюдается как раз на том участке, где имеет место снижение пропускной способности, однако, после прохождения «узкого» места, увеличение скорости не происходит в результате образующегося затора еще на довольно большом отрезке пути. Это примеры движения на магистрали непрерывного действия. Рассмотрим, как будет меняться скорость движения на магистрали с регулируемым движением (рис. 7).

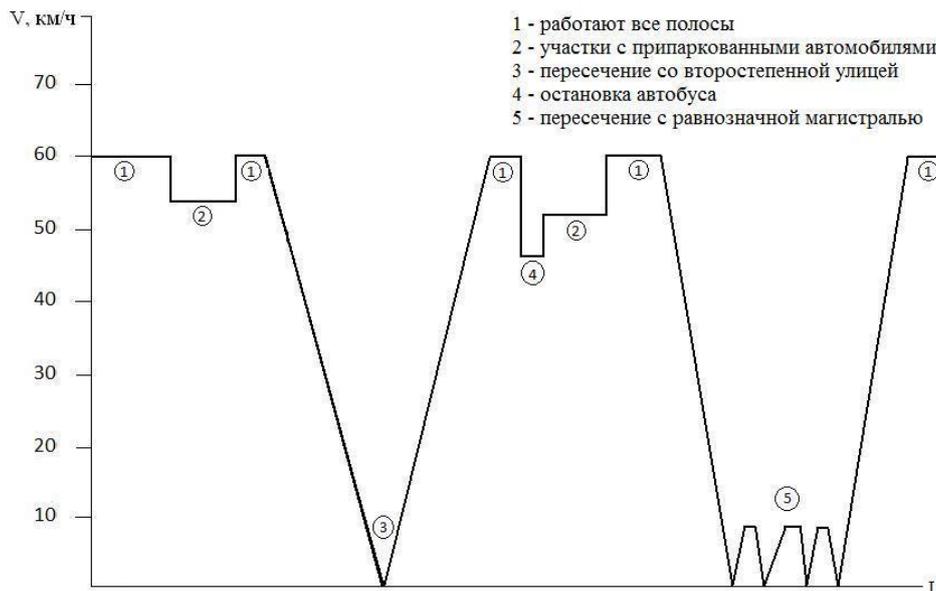


Рис. 7. Изменение скорости движения на магистрали с регулируемым движением

Не значительное снижение скорости потока наблюдается при возникновении на перегонах различных препятствий движению (припаркованные автомобили, остановки общественного транспорта). Но наибольшее снижение скорости наблюдается при подходах к перекресткам с второстепенными улицами и образование настоящего затора при подходе к равнозначной магистрали. Похожая ситуация может возникнуть, например, на такой крупной городской магистрали, как проспект Славы. На рис. 8 показан типичный график изменения скорости движения одиночного транспортного средства по улично-дорожной сети Санкт-Петербурга с выездом на кольцевую автомобильную дорогу [112].



Рис. 8. График изменения скорости движения ТС по улично-дорожной сети Санкт-Петербурга с выездом на кольцевую автомобильную дорогу

Прохождение перекрестка осуществляется только через несколько светофорных циклов. Понятно, что на магистралях регулируемого движения задержки вызваны остановками под красный сигнал светофора, однако, дополнительное негативное влияние оказывает и снижение пропускной способности, связанное с влиянием скоростного режима. Очевидна неравномерность движения транспортного потока.

Уровень обслуживания дорожного движения во многом определяется скоростью сообщения. На скорость сообщения, а, следовательно, и на

соответствие фактического уровня обслуживания дорожного движения требуемому для различных категорий городских улиц влияет ряд факторов, которые приводят к возникновению заторов в городской среде. Все факторы условно можно разделить на три группы: технические решения улицы, организация и управление движением, поведение участников движения (рис. 9).



Рис. 9. Факторы, влияющие на соответствие категории городской улицы назначенному уровню обслуживания

Транспортная инфраструктура города оказывает существенное влияние на условия движения. Основная причина возникновения заторов на улицах – ограничение пропускной способности на перекрестках и наличие препятствий движению на перегонах (припаркованные автомобили, остановившийся на проезжей части общественный транспорт и т. п.). Припаркованное вдоль проезжей части (ПЧ) транспортное средство (ТС) всегда представляет собой источник конфликтных ситуаций [72].

Наибольшие потери времени и, следовательно, выраженная неравномерность движения, наблюдается на участках УДС, где имеются уличные парковки, остановки общественного транспорта (ООТ) и пешеходные переходы (ПП) [93]. То есть, прежде всего, необходимо предпринимать меры по обеспечению равномерности пропускной способности улицы, с учетом типа пересечений и регулирования движения на них.

В свою очередь, на пропускную способность и выбор мероприятий по ее повышению существенно влияет состав движения. Его необходимо учитывать при всех расчетах, связанных с оценкой уровня обслуживания движения и пропускной способности. Состав движения на дороге определяют на основе данных автоматизированного или визуального учета движения, анализа народнохозяйственного значения района приложения дороги и перспектив его социального и промышленного развития, анализа парка автомобилей в организациях, расположенных в зоне влияния дороги, уровень автомобилизации населения.

Как во времени, так и по расстоянию интервалы между автомобилями являются характеристиками, от которых зависит пропускная способность полосы движения. На величину интервалов между автомобилями влияют скорость и интенсивность движения. Существенное перераспределение интервалов между автомобилями наблюдается при появлении в потоке грузовых автомобилей или автобусов, имеющих низкие скорости движения.

Движение общественного транспорта оказывает значительное влияние на режим движения всего транспортного потока. Движение автобусов в режиме «торможение-разгон-торможение» приводит к резкому изменению скоростного режима транспортного потока в зоне остановок, изменению плотности потока и увеличению числа маневров [50].

Не менее важную роль в обеспечении назначенного уровня обслуживания играют организация движения и управление им. Так как, даже при соответствии пропускной способности магистрали спросу на

передвижение, не эффективное светофорное регулирование может привести к постоянным остановкам автомобилей и даже к образованию заторов, что достаточно часто имеет место в наших городах. Необходима четкая координация работы светофорных постов, отсутствие нерегулируемых пешеходных переходов на перегонах между перекрестками и т. д.

Следует отметить, что одним из факторов неупорядоченного и не безопасного движения на улицах наших городов является поведение водителей. Существует достаточно большая доля неопытных водителей, вызванная быстрыми темпами автомобилизации, большое количество участников движения, которые нарушают правила дорожного движения (ПДД) и используют агрессивную манеру вождения, все это в одном транспортном потоке приводит к его высокой нестабильности, существенно повышает аварийность. Необходимо учитывать важность человеческого фактора и выработать меры по минимизации его негативного влияния, как принудительные – более жесткий контроль соблюдения ПДД, так и повышение качества подготовки водителей, формирование корректного поведения на дороге [56]. Анализ ДТП показал, что молодые водители в четыре раза чаще, чем их опытные коллеги, становятся участниками дорожных происшествий. Это подтверждается и массовым анкетным опросом, проведенным в ряде европейских стран, который показал, что примерно 30 % аварий на дорогах приходится на водителей моложе 21 года [55].

Существует ряд факторов, влияющих на выбор скорости водителем:

- технические и транспортно-эксплуатационные характеристики дороги (категория, геометрические параметры, состояние покрытия и т.д.);
- транспортное средство (тип; соотношение между массой и мощностью; комфортабельность; уровень шума и т.д.);
- условия дорожного движения (плотность; общий уровень скорости; состав транспортного потока);

- дорожная обстановка (время суток (день/ночь), ландшафт; дорожное освещение, дорожные знаки и сигналы, ограничения скорости, наличие радаров и т.д.);
- психофизиологические изменения водителя (влияние погодных условий, например, солнечного света) [57];
- водитель (возраст; пол; время реакции; личностные установки);
- обстоятельства, с которыми связано нахождение в пути — цель поездки (транзитные перевозки, местные перевозки и т.д.);
- возможное содержание алкоголя в крови;
- присутствие пассажиров;
- способность к восприятию опасности;
- поиск острых ощущений и т.д.

Для повышения уровня обслуживания дорожного движения до назначенных для каждой категории городской улицы значений необходим анализ влияния вышеперечисленных факторов. Прежде всего, необходимо произвести оценку изменения пропускной способности по протяженности улицы, построить график пропускной способности и выявить узкие места, там где имеет место резкое уменьшение пропускной способности. Проанализировать организацию движения на дороге, посмотрев, насколько эффективно организовано движение по полосам, рациональны ли запреты маневров и т. д. Очень важно оценить эффективность регулирования движения на всей магистрали, а не только на отдельном перекрестке, посмотреть насколько скоординировано управление движением.

Для исследования влияния различных факторов на среднюю скорость движения, а, следовательно, на уровень обслуживания, был проведен анализ ряда крупных городов, например, рассмотрим три характерных маршрута движения транспортного потока города Санкт-Петербург:

1. Большой Сампсониевский проспект – проспект Энгельса (магистраль общегородского значения регулируемого движения). Протяженность маршрута составляет 15,8 км. На своем протяжении

насчитывает 44 светофорных объекта, 5 пересечений с равнозначной магистралью и 48 пересечений с второстепенными магистралями;

2. Московский проспект (магистраль общегородского значения регулируемого движения). Протяженность Московского проспекта составляет 9,3 км. На своем протяжении насчитывает 36 светофорных объекта, 5 пересечений с равнозначной магистралью и 23 пересечения с второстепенными магистралями;

3. Ленинский проспект – улица Типанова – проспект Славы – Ивановская улица – Народная улица (магистраль общегородского значения регулируемого движения). Протяженность маршрута составляет 19,5 км. На своем протяжении насчитывает 56 светофорных объекта, 10 пересечений с равнозначной магистралью и 22 пересечения с второстепенными магистралями.

Значения средних скоростей приведены с учетом задержек движения для пяти временных периодов: 00 и 05 часов (низкая интенсивность движения) и 09, 14, 18 часов (высокая интенсивность движения – час-пик). Средние значения скоростей движения в течение суток представлены в приложении 1-6.

На рисунке 10 показан график изменения средних скоростей движения транспортного потока по маршруту движения от Пироговской набережной до Заречной ул., а на рисунке 11 в обратном направлении.

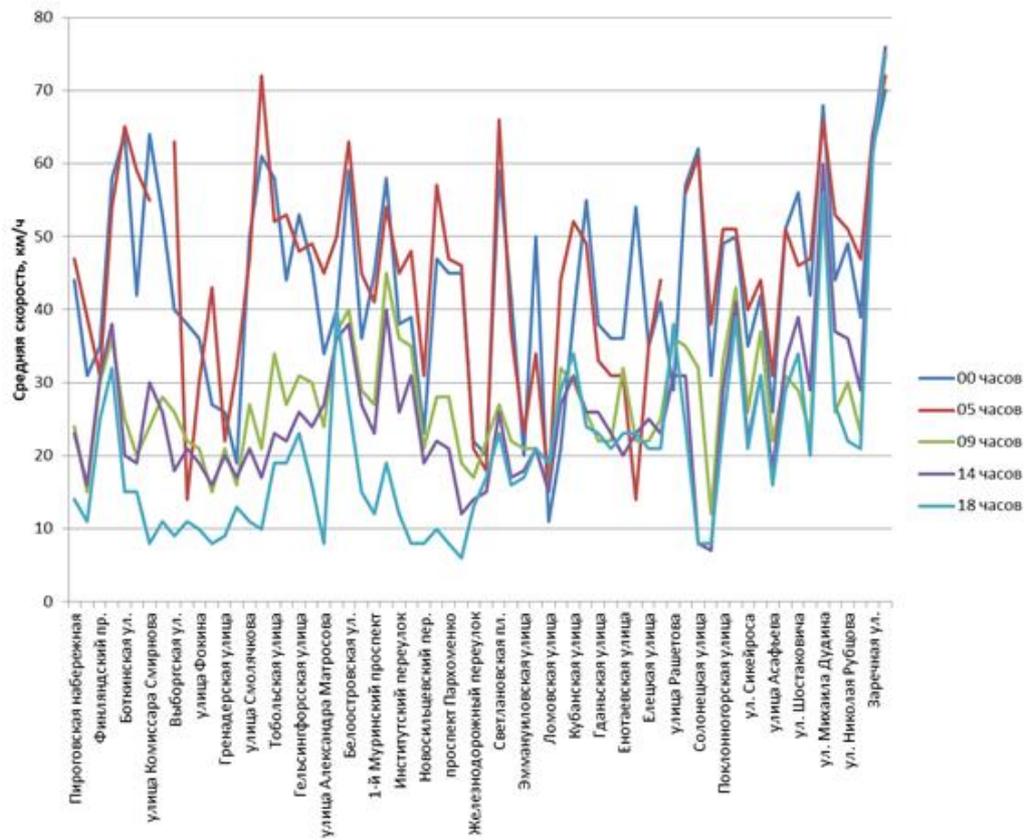


Рис. 10. Маршрут движения транспортного потока от Пироговской набережной до Заречной ул.

На графике четко выражены участки городской сети, где наблюдается недостаточная пропускная способность в связи с наличием, в первую очередь, регулирования движения. При одинаковом количестве полос для движения на перегоне скорость движения снижается в среднем от 64 до 19 км/ч. Участки, наиболее ограничивающие движение по маршруту Большой Сампсониевский проспект – проспект Энгельса:

- Финляндский проспект;
- улица Комиссара Смирнова – улица Смолячкова;
- подход к Кантемировской улице;
- 1-й Мурунский проспект;
- Сердобольская улица – Ланское шоссе;
- Ломовская улица;
- Елецкая улица
- Поклоногорская улица

- улица Асафьева.

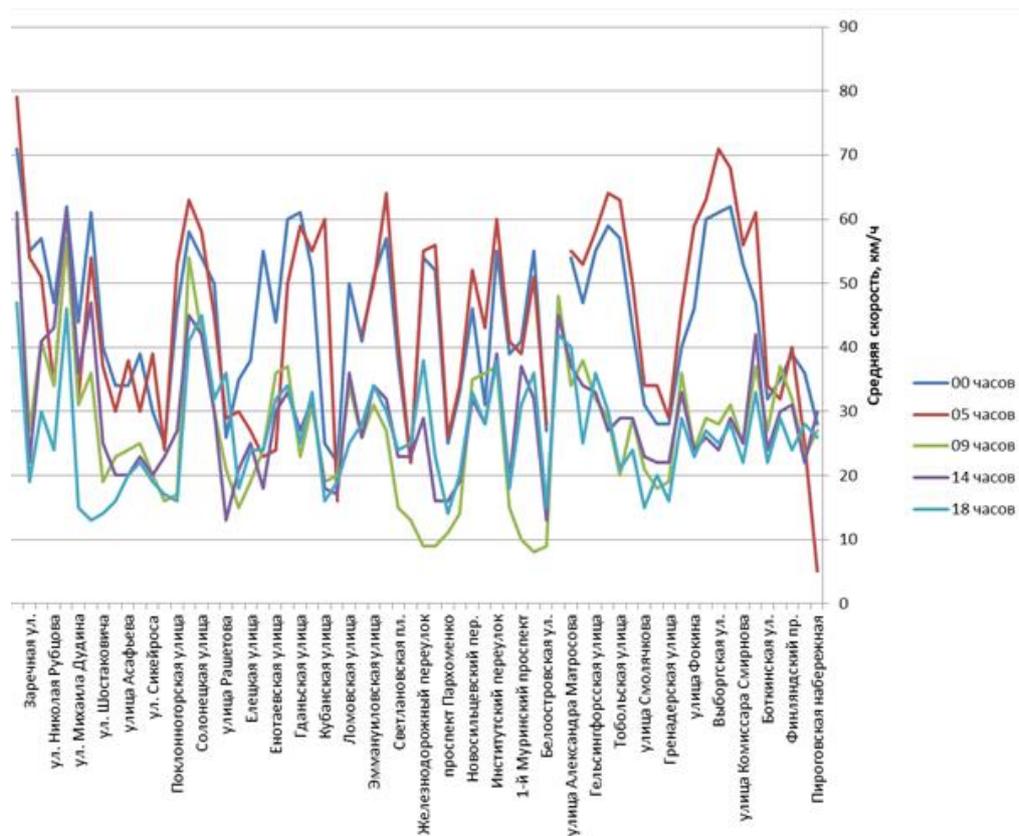


Рис. 11. Маршрут движения транспортного потока от Заречной ул до Пироговской набережной

На графике четко выражены участки городской сети, где наблюдается недостаточная пропускная способность в связи с наличием, в первую очередь, регулирования движения. При одинаковом количестве полос для движения на перегоне скорость движения снижается в среднем от 62 до 21 км/ч. Участки, наиболее ограничивающие движение по маршруту проспект Энгельса – Большой Сампсониевский проспект:

- Заречная улица;
- улица Дудина – улица Шостаковича;
- Поклоногорская улица;
- улица Решетова – Елецкая улица;
- Дрезденская улица;
- Светлановская площадь;
- улица Пархоменко;

- 1-й Мурунский проспект – Кантемировская улица;
- Гренадерская улица.

На рисунке 12 показан график изменения средних скоростей движения транспортного потока по маршруту движения от Сенной площади до площади Победы, а на рисунке 13 в обратном направлении.

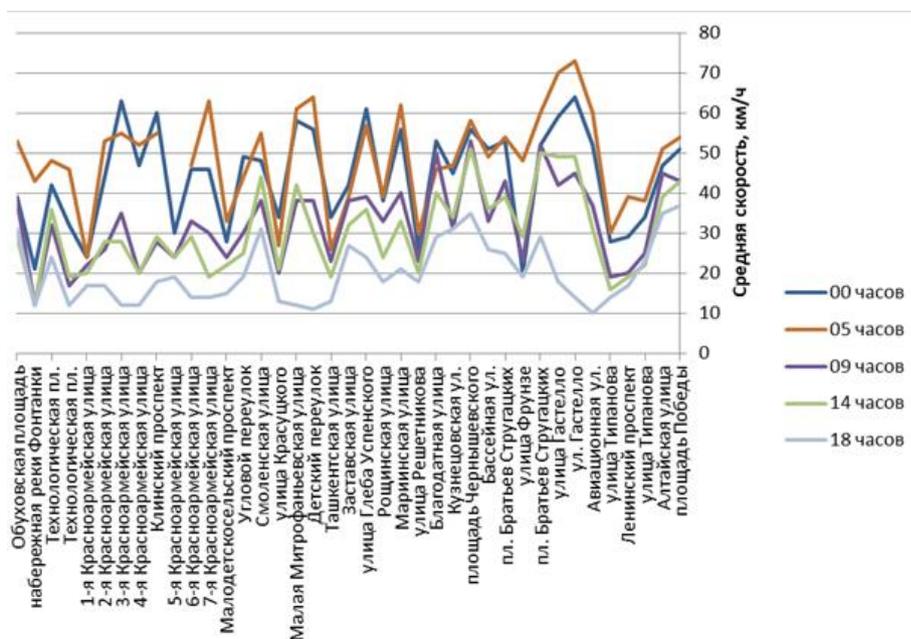


Рис. 12. Маршрут движения транспортного потока от Сенной площади до площади Победы

На графике четко выражены участки городской сети, где наблюдается недостаточная пропускная способность в связи с наличием, в первую очередь, регулирования движения. При одинаковом количестве полос для движения на перегоне скорость движения снижается в среднем от 61 до 20 км/ч. Участки, наиболее ограничивающие движение по Московскому проспекту (направление от центра города):

- набережная реки Фонтанки;
- Технологическая площадь;
- 3-я и 4-я Красноармейские улицы;
- Малодетское сельский проспект;
- подход к площади Московских ворот;
- подход к метро Электросила;
- Площадь братьев Стругатских;

- подход к метро Московская.

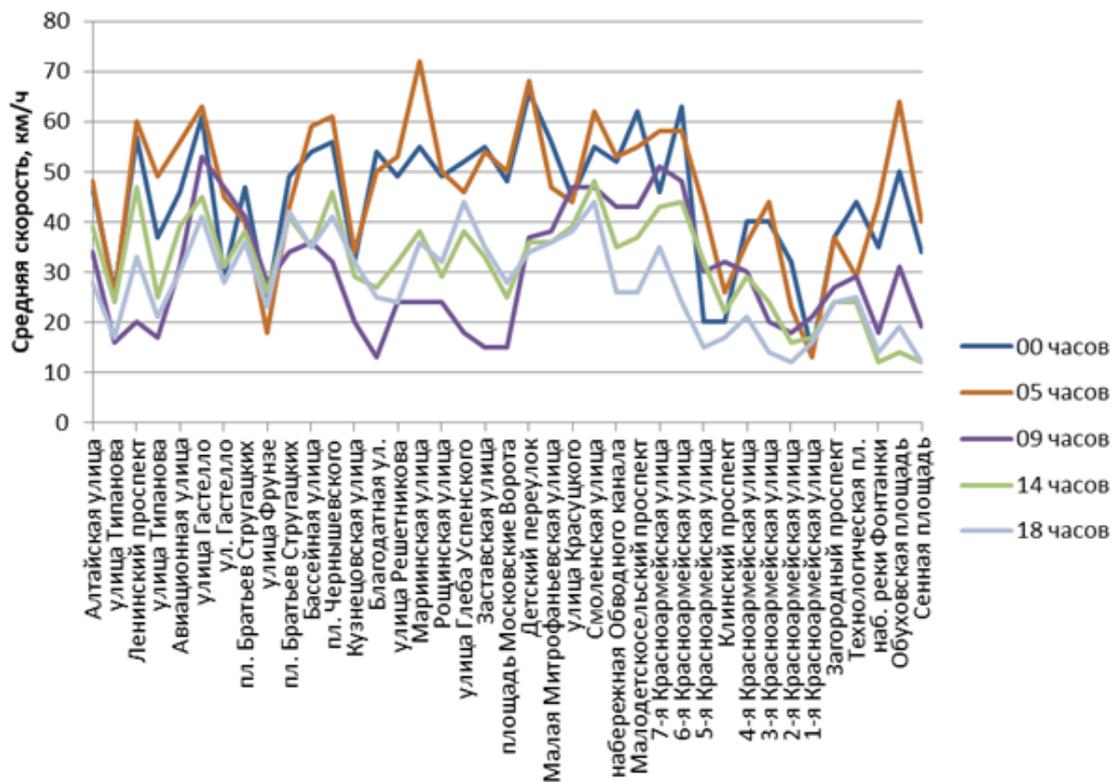


Рис. 13. Маршрут движения транспортного потока от площади Победы до Сенной площади

На графике четко выражены участки городской сети, где наблюдается недостаточная пропускная способность в связи с наличием, в первую очередь, регулирования движения. При одинаковом количестве полос для движения на перегоне скорость движения снижается в среднем от 60 до 22 км/ч. Участки, наиболее ограничивающие движение по Московскому проспекту (направление к центру города):

- подход к метро Московская;
- подход к метро Электросила;
- подход к площади Московских ворот;
- Клинский проспект;
- Технологическая площадь;
- набережная реки Фонтанки.

На рисунке 14 показан график изменения средних скоростей движения транспортного потока по маршрут движения от ул. Доблести до пр. Большевиков, а на рисунке 15 в обратном направлении.

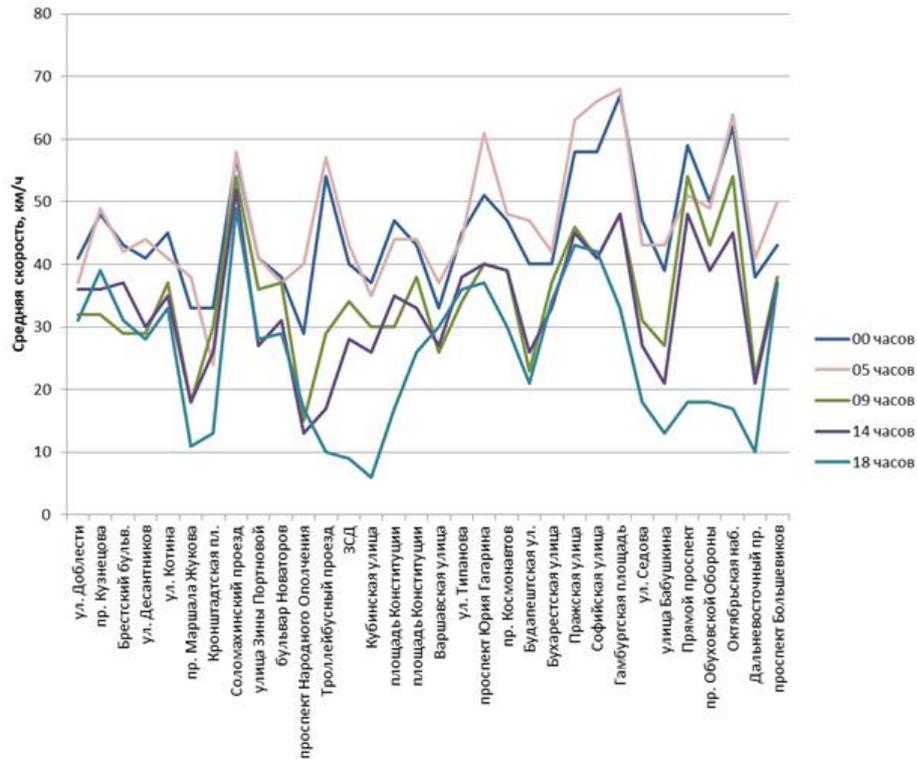


Рис. 14. Маршрут движения транспортного потока от ул. Доблести до пр. Большевиков

На графике четко выражены участки городской сети, где наблюдается недостаточная пропускная способность в связи с наличием, в первую очередь, регулирования движения. При одинаковом количестве полос для движения на перегоне скорость движения снижается в среднем от 51 до 17 км/ч. Участки, наиболее ограничивающие движение по маршруту Ленинский пр. – ул. Типанова – пр. Славы – Ивановская ул. – ул. Народная:

- Кронштадтская площадь;
- проспект Народного Ополчения;
- Западный скоростной диаметр (ЗСД) – Кубинская улица;
- Будапештская улица;
- улица Бабушкина;
- Володарский мост;

- Дальневосточный проспект;
- проспект Большевиков.

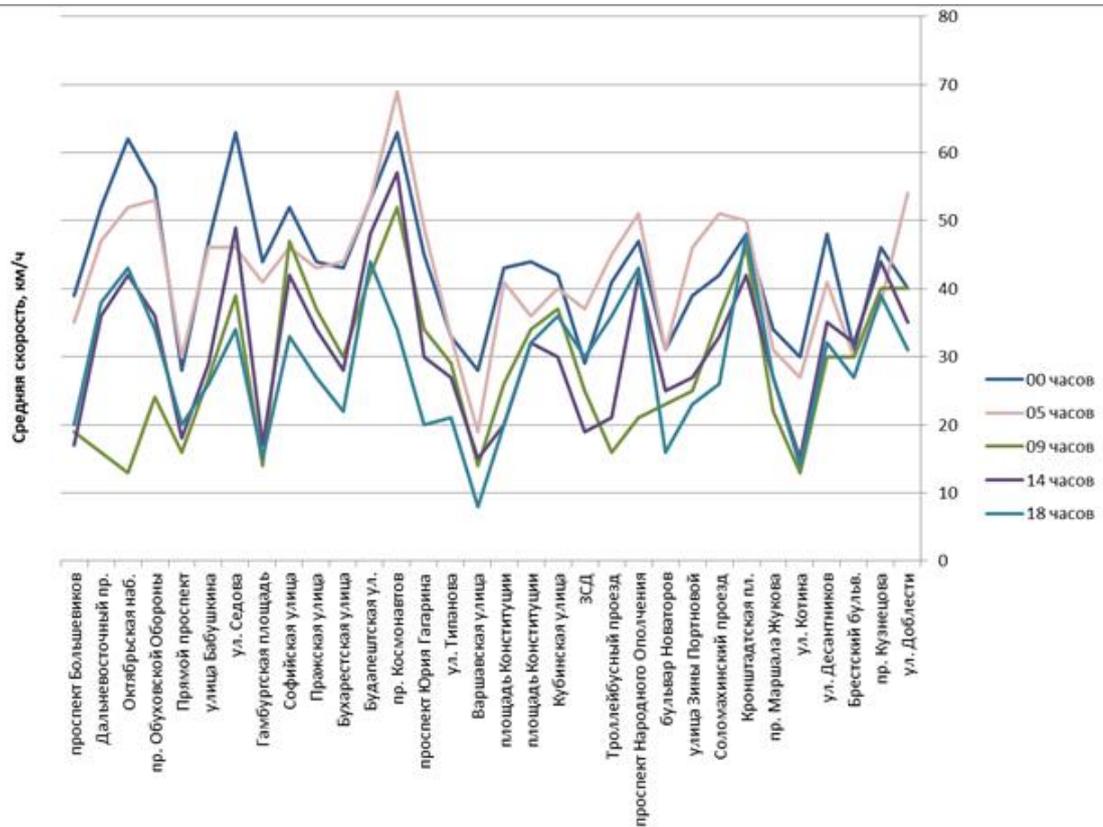


Рис. 15. Маршрут движения транспортного потока от пр. Большевиков до ул. Доблести

На графике четко выражены участки городской сети, где наблюдается недостаточная пропускная способность в связи с наличием, в первую очередь, регулирования движения. При одинаковом количестве полос для движения на перегоне скорость движения снижается в среднем от 54 до 20 км/ч. Участки, наиболее ограничивающие движение по маршруту ул. Народная – Ивановская ул. – пр. Славы – ул. Типанова – Ленинский пр:

- Володарский мост;
- улица Бабушкина;
- Гамбургская площадь;
- Бухарестская улица;
- Московская площадь;

- Западный скоростной диаметр (ЗСД) – проспект Народного Ополчения;

- улица Маршала Жукова - улица Котина.

Исходя из полученных результатов, выделим типичные дорожные ситуации, отмеченные на приведенных участках, которые наиболее ограничивают среднюю скорость (пропускную способность) движения транспортного потока, а, следовательно, негативно сказываются на соответствии городской улицы назначенному уровню обслуживания. Разделим все типичные дорожные ситуации на проблемы, возникающие на пересечениях городских улиц и проблемы, возникающие на перегонах городских улиц.

Типичные проблемы, возникающие на перекрестках улично-дорожной сети:

1. Снижение пропускной способности по причине несоответствия расчетной пропускной способности перекрестка спросу на передвижение.

2. Снижение пропускной способности по причине несоответствия расчетной пропускной способности перекрестка спросу на выполнение левого поворота.

3. Снижение пропускной способности по причине несоответствия расчетной пропускной способности перекрестка спросу на выполнение правого поворота.

4. Снижение пропускной способности по причине несоответствия расчетной пропускной способности спросу на выполнение маневра по развороту.

Технические решения регулирования движения поворотных транспортных потоков на перекрестках, повышающие уровень безопасности и качества дорожного движения, возможны за счет планировочных решений перекрестков, что практически не используется в Российской Федерации.

Пропускная способность перекрестка должна соответствовать пропускной способности подходов, поскольку, в отличие от перегонов улиц и

дорог, количество полос движения на перекрестке является основным фактором, определяющим пропускную способность и задержки транспортных средств.

Типичные проблемы, возникающие на перегонах улично-дорожной сети:

1. Снижение пропускной способности, вызванное движением маршрутного транспорта общего пользования (МТОП).
2. Снижение пропускной способности, вызванное наличием припаркованных автомобилей.
3. Снижение пропускной способности, вызванное интенсивным движением пешеходных потоков.

Анализ проблем, возникающих на перекрестках и перегонах улично-дорожной сети по целому направлению движения в крупном городе это путь, позволяющий оценить как в целом функционирует дорожная система, а не только отдельные ее элементы будь то светофорный объект, наиболее загруженное направление движения транспортного потока или остановочный пункт МТОП. Такой подход позволяет принимать во внимание все возможные негативные факторы, влияющие на скорость сообщения, а следовательно, на уровень обслуживания дорожного движения.

При разработке мероприятий по реорганизации дорожного движения на проблемных участках сети, работа также должна вестись по целым маршрутам движения автомобильного транспорта. Это позволит действительно проработать существующую ситуацию и оценить будущую перспективу, а не отнести проблему на соседний перекресток, как зачастую происходит сейчас.

Выводы по главе

1. Заторы на улично-дорожной сети - характерное явление для крупных и крупнейших городов России. Ранее накопленный опыт решения транспортных проблем в сегодняшних условиях не работает, т. к.

принципиально изменились условия движения - значительная часть УДС функционирует на критических уровнях загрузки.

2. В научных работах последних лет, посвященным повышению эффективности организации дорожного движения, рассматриваются отдельные элементы, такие как влияние регулируемых пересечений, движение ГПТ, пешеходные переходы и т. п. Необходим комплексный подход.

3. Решению проблемы транспортной загруженности городов может способствовать организация равномерного движения автомобильного транспорта. В 1 главе предложена формулировка понятия «равномерное движение автомобильного транспорта», отсутствующее в современной транспортной терминологии, но довольно часто используемое в научных работах последних лет.

4. Уровень обслуживания дорожного движения – показатель эффективности организации дорожного движения. Анализ проблем движения транспорта в крупных городах в условиях насыщенных транспортных потоков показал, что необходима выработка мероприятий по повышению уровня обслуживания дорожного движения.

5. На соответствие городской улицы назначенному уровню обслуживанию влияет значительное количество факторов. Проанализировав факторы влияния, можно предложить направления повышения основных параметров дорожного движения, а именно уровня обслуживания.

6. Проанализированы типичные проблемы, возникающие на перекрестках и перегонах улично-дорожной сети (на примере ряда городов России), влияющие на скорость сообщения, а следовательно, на уровень обслуживания дорожного движения.

7. Актуальным является разработка такой методики, которая бы позволила обеспечить требуемый уровень обслуживания дорожного движения на существующей дорожной сети городов и включала бы в себя рекомендации по повышению этого показателя до указанных в нормативных документах значений.

ГЛАВА 2 ОСНОВНЫЕ НАПРАВЛЕНИЯ ПОВЫШЕНИЯ УРОВНЯ ОБСЛУЖИВАНИЯ ДОРОЖНОГО ДВИЖЕНИЯ

2.1 Определение опорной улично-дорожной сети городов

Перенасыщение движением улично-дорожной сети – одна из основных проблем современных мегаполисов. Улично-дорожная сеть любого города является основополагающей единицей транспортного перемещения и транспортной системы в целом, которая выполняет задачу связующего элемента транспортной инфраструктуры. Качество ее функционирования напрямую связано с условиями движения транспорта и пешеходов на ней, определяя уровень ее загрузки (отношение интенсивности движения к пропускной способности участка дороги), а также уровень обслуживания (комплексный показатель экономичности, удобства и безопасности движения, характеризующий состояние транспортного потока).

Важно определить элементы УДС, на которых необходимо в первую очередь осуществлять мероприятия по повышению уровня обслуживания дорожного движения, так называемую опорную сеть улиц и дорог. Именно по этим улицам реализуется основная часть транспортных корреспонденций с высокой интенсивностью. Наибольшую нагрузку в этой «работе» на себя принимает опорная сеть. В современной практике понятие «опорная сеть» (ОС) используется довольно часто, однако, нормативной документацией не регламентируется, за исключением региональных нормативов градостроительного проектирования.

Движение транспорта в крупных городах подчинено вполне строгим правилам и совершается по опорной сети города. Опорная улично-дорожная сеть - выделенные в красных линиях территории общего пользования в целях размещения скоростных дорог, магистральных улиц городского значения непрерывного движения, магистральных улиц городского значения регулируемого движения I класса [28]. Опорная сеть каждого крупного города вполне конкретно определена – это наиболее востребованные направления,

обычно из центра города к окраинам (спальным районам) и обратно, а также дуговые связи между крупными планировочными районами, по которым ежедневно двигаются тысячи автомобилей в крупных городах [108].

Проблемные места на опорной транспортной сети города, связанные с ее перенасыщением и образованием заторов, возникают, как правило, в одних и тех же «узких» местах и требуют решения. Обычно это локальные меры. Однако отсутствует единый подход к организации и выделению непосредственно самой опорной сети. Прокладывание опорной сети по основным магистралям города не верно. Выполняя функции общегородских и межрайонных связей на эти магистрали приходится основной объем движения и при возрастающем транспортном спросе их пропускная способность быстро исчерпывается, возникают заторы. Следует отметить, что необходимость проверки городских улиц является важной задачей при повышении уровня обслуживания дорожного движения, т. к. на сегодняшний день закрепление категорий улиц российских городов органами исполнительной власти, часто не соответствует фактически выполняемой функции улиц, и корреспонденции магистралей общегородского значения реализуются по улицам районного и даже местного значения. Причиной этого является недостаточное развитие УДС и связность УДС, особенно магистральной сети [85].

На деле не редко мы наблюдаем расхождение номинальной опорной сети города и фактической. Необходимо создать методiku, которая позволяла бы определять по различным критериям, какую улицу или часть улицы следует отнести к опорной, а какую нет.

В составе улично-дорожной сети выделяют магистральные улицы и дороги общегородского, районного и местного значения [6], [8]. Выделение опорной сети – общепринятый подход к обеспечению функциональной классификации городских улиц, т. е. зависимости от их целевого предназначения [49]. Указанные подходы позволяют определять реальную опорную сеть и проводить по ней оценку уровня обслуживания с целью дальнейшего его повышения.

Предложен следующий алгоритм формирования опорной улично-дорожной сети (рис. 16) [109].

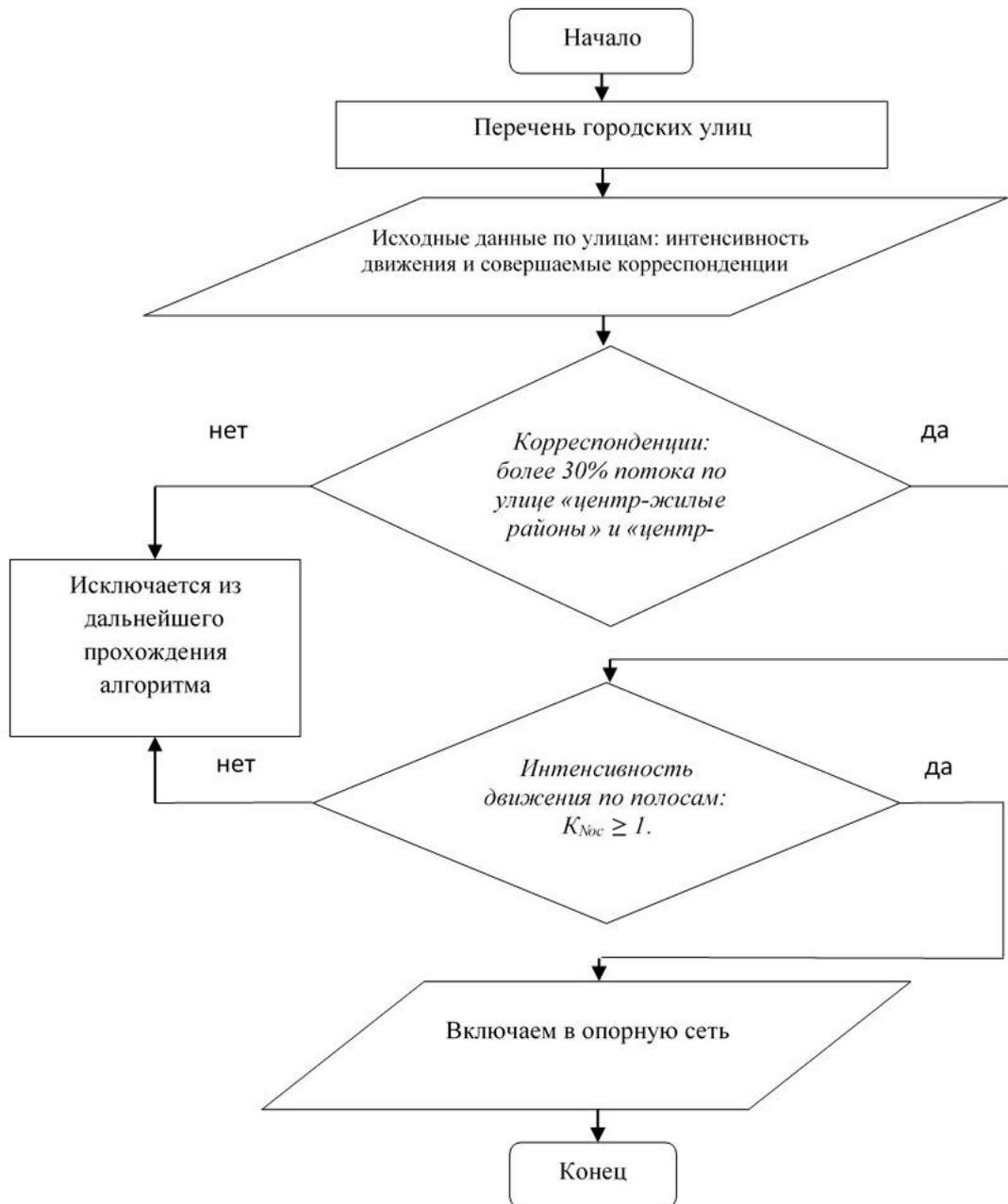


Рис 16. Алгоритм формирования опорной улично-дорожной сети

В качестве исходных данных для алгоритма используется перечень городских улиц с минимальным набором показателей – интенсивность движения по полосам и данные о распределении корреспонденций. Выбор этих показателей обусловлен тем, что интенсивность движения и

распределение корреспонденций по УДС позволяют сделать общий вывод о характеристике состояния дорожного движения, направлении и количестве транспортных связей, т. е. получить данные, описывающие транспортный поток внутри города. Для получения достоверной информации о состоянии и характеристике транспортного потока требуется провести натурные исследования.

На первом этапе учитываются совершаемые по городской улице корреспонденции [40]. При проведении обследования транспортных корреспонденций целесообразно всю территорию города разделить на условные транспортные районы (УТР). Количество условных транспортных районов определяется на основании формулы:

$$\Omega = \frac{Q \times x_1}{20 \times x_2}, \quad (9)$$

где Q – численность населения муниципального образования, тыс.чел.; x_1 – коэффициент, характеризующий плотность (P_H) населения (табл. 6); x_2 – коэффициент, характеризующий плотность (P_M) магистральной УДС (табл. 7).

Таблица 6

Зависимость коэффициента x_1 от плотности населения

	Значения				
P_H , тыс.чел./кв.км	Менее 2	2 – 4	4 – 6	6 – 8	Свыше 8
x_1	1,0	0,95	0,90	0,80	0,70

Таблица 7

Зависимость коэффициента x_2 от плотности магистральной УДС

	Значения				
P_M , тыс.чел./кв.км	Менее 0,4	0,4 – 1,4	1,4 – 2,3	2,3 – 4,2	Свыше 4,2
x_2	1,0	1,2	2,0	4,0	12,0

На основании проведенного обследования подготавливаются графические материалы, выполняемые на подоснове города, разделенной на условные транспортные районы:

- схемы основных маршрутов транспортных потоков. На схеме наносят маршруты, реализующие корреспонденции. Интенсивность движения по маршрутам проставляют в виде значений в натуральных и приведенных транспортных единицах с соответствующим номером маршрута;
- картограмму интенсивности движения по УДС. На схеме в масштабе наносят значения интенсивности движения, получаемые сложением интенсивности движения всех маршрутов, проходящих по данному элементу УДС;
- картограмму скоростей сообщения по элементам УДС. На схеме в масштабе указывают значения скоростей сообщения легковых и грузовых автомобилей.

Для того чтобы продолжить выбор, требуется, чтобы доля потока рассматриваемой городской улицы, совершающего корреспонденции «центр-окраина» и «центр-жилые районы», составляла более 30 % всего потока, проходящего по улице, то есть соответствовать классификационным связям магистралей общегородского значения [85].

Городская улица, которая не подходит под указанные параметры исключается из дальнейшего выбора.

На этапе оценки доли транспортных корреспонденций целесообразно использовать макромодель рассматриваемого города, например, построенную в среде *PTV Visum*. Программный комплекс *Visum* представляет собой транспортную информационную систему, включающую в себя более 1000 функций.

Основные возможности *Visum*:

- представление результатов транспортного анализа и планирования на уровне региона;

- моделирование существующих и прогнозируемых транспортных потоков в регионе с возможностью детализации до внутригородского уровня и агрегирования до национального уровня;
- интеграция анализа общественного транспорта, индивидуального транспорта, а также транспортного спроса;
- включение в модель всей сети автомобильных дорог и сети маршрутов общественного транспорта;
- анализ и оценка потоков всех возможных видов транспорта;
- подготовка транспортных прогнозов на основе сценариев «что будет, если...» [69].

На втором этапе проверяется интенсивность движения по полосам. Интенсивность движения N_a – это число транспортных средств, проезжающих через сечение дороги за единицу времени.

Формула расчета приведенной интенсивности движения (в зависимости от типа транспортного средства):

$$N_{\text{пр}} = \sum_{i=1}^n N_i * K_{\text{при}}, \quad (10)$$

где N_i – интенсивность движения автомобилей данного типа; $K_{\text{при}}$ – коэффициенты приведения для данной группы автомобилей; n – число типов автомобилей, на которые разделены данные наблюдений.

Интенсивность транспортного потока также можно рассчитать, с использованием процентного соотношения транспортных средств в потоке. В этом случае приведенная интенсивность движения:

$$N_{\text{при}} = \frac{\sum_{i=1}^n N_i * P_i * K_{\text{при}}}{100}, \quad (11)$$

где P_i – процентное содержание в потоке транспортных средств i -го типа.

Для проверки городской улицы на включение в состав опорной улично-дорожной сети вводится коэффициент $K_{\text{Нос}}$, учитывающий влияние

интенсивности движения транспортного потока (12). Требуется, чтобы значение указанного коэффициента было больше или равно средневзвешенной интенсивности (с учетом поправочного коэффициента k), которая наблюдается по всей улично-дорожной сети рассматриваемого города.

$$KN_{oc} = N_i / k N_{cp.vz.}, \quad (12)$$

где N_i – интенсивность движения на участках рассматриваемого маршрута, авт./сут.; k – поправочный коэффициент, значение которого получается в результате анализа функционирования УДС города (1,2-1,5); $N_{cp.vz.}$ – средневзвешенная интенсивность движения, авт./сут.

Если рассматриваемая городская улица подходит по всем критериям, ее включают в перечень городских магистралей, составляющих опорную сеть города. После того, как опорная сеть сформирована, следует провести обследование эффективности функционирования дорожного движения не отдельно по каждой городской улице, а по всей сети. На основании расчётов строится график пропускной способности дорожной сети. На участках городских улиц, где происходит ограничение средней скорости движения, необходимо приводить мероприятия по повышению скорости сообщения, а, следовательно, приводить показатель уровня обслуживания дорожного движения на них к значениям, указанным в нормативной документации для различных категорий городских улиц.

2.2. Классификации типов мероприятий по повышению уровня обслуживания дорожного движения

Анализ условий движения на соответствие назначенному уровню обслуживания позволяет определять участки на опорной улично-дорожной сети, ограничивающие среднюю скорость движения, а, следовательно, снижающие уровень обслуживания. На таких участках целесообразно проводить мероприятия по повышению уровня обслуживания до требуемого.

Мероприятия по повышению уровня обслуживания дорожного движения условно можно разделить на три группы: развитие транспортной инфраструктуры; организация дорожного движения; управление движением.

Классификация типов мероприятий по повышению уровня обслуживания дорожного движения		
Развитие транспортной инфраструктуры	Организация дорожного движения	Управление движением
Строительство новых объектов транспортной инфраструктуры	Разрешенные маневры	Введение светофорного регулирования
Реконструкция существующих объектов инфраструктуры	Канализирование движения	Оптимизация работы светофорных постов
Локальные планировочные мероприятия	Одностороннее движение	Создание АСУДД
	Реверсивное движение	
	Ограничение на проезд	Изменение технологии управления
	Организация парковки транспортных средств	Создание и развитие ИТС
	Маршрутное ориентирование	

Рис. 17 – Классификация типов мероприятий по повышению уровня обслуживания дорожного движения

Мероприятия по развитию транспортной инфраструктуры (рис. 17) включают в себя:

1. Строительство новых объектов транспортной инфраструктуры:
 - новых участков улиц различных категорий;
 - новых искусственных сооружений на УДС (транспортные развязки, путепроводы, тоннели, мосты, внеуличные пешеходные переходы);
2. Реконструкция существующих объектов инфраструктуры:

- существенное изменение геометрических параметров элементов УДС (увеличение количества полос движения, изменение конфигурации перекрёстков и т.п.);

- строительство искусственных сооружений на существующей УДС (транспортные развязки, путепроводы, тоннели, мосты, внеуличные пешеходные переходы).

3. Локальные планировочные мероприятия:

- устройство уширений на подходах к перекресткам и на перекрестках;
- устройство направляющих островков для разделения полос движения для потоков различного направления;

- устройство направляющих островков для физического разделения «сливающихся» потоков;

- устройство «карманов» для остановок общественного транспорта;
- устройство уширений проезжей части для парковки автомобилей;
- устройство специальных местных проездов для левопоротных потоков;
- устройство мест для разворота до пешеходных переходов и перекрестков с выделением специальной полосы.

Мероприятия по организации дорожного движения включают в себя:

1. Изменение разрешенных маневров (направлений движения) на перекрестках:

- запрет поворота налево;
- запрет поворота направо;
- запрет разворота.

2. Канализирование движения:

- разделение полос движения по направлениям движения;
- разделение полос движения по виду участников движения (выделение полосы для МТОП, запрет движения грузового транспорта по левым полосам и т.п.);

- разделение полос по скоростному режиму движения.

3. Организация одностороннего движения.

4. Организация реверсивного движения.

5. Введение ограничений на проезд различных типов транспортных средств (на все проезжей части или на отдельных полосах движения):

- грузового транспорта различной грузоподъемности (полной массы);
- легкового и грузового транспорта.

6. Изменение организации парковки транспортных средств:

- изменение способа постановки транспортных средств;
- ограничения парковки транспортных средств (временные, пространственные);
- запрет парковки транспортных средств;
- запрет остановки транспортных средств.

7. Маршрутное ориентирование.

Мероприятия по управлению движением включают в себя:

1. Введение светофорного регулирования.
2. Оптимизация работы светофорных постов за счет изменения пофазного разъезда и циклов регулирования.
3. Создание автоматизированных систем управления дорожным движением (АСУДД).

4. Изменение технологии управления:

- внедрение ситуационного управления;
- внедрение адаптивного управления;
- переход от локального к сетевому управлению.

5. Создание и развитие интеллектуальных транспортных систем (ИТС).

В рамках исследования были получены результаты, позволяющие оценить, как изменяются параметры дорожного движения в зависимости от планировки перекрестков. Для этого была создана система, моделирующая движение на перекрестках разных типов. Микромодель перекрестков создана с использованием программного продукта *PTV Vissim*.

Программа *PTV Vissim* способна детально описать объекты модели, описать их логику поведения, а затем интерактивно проанализировать

результаты. *PTV Vissim* является узкоспециализированным программным средством, поэтому обладает весьма широким спектром возможностей транспортной тематики и особенностей транспортной сети. Программа *PTV Vissim* позволяет создавать различных агентов дорожной системы: автомобили, автобусы и т. д. Показывает реальную ситуацию на дорогах. Помимо движения автомобилей, можно настроить движение автобусов на остановках, высадку пассажиров и дальнейшее движение. Для автомобилей можно настроить парковку в установленных местах [70].

В основе программного продукта заложена математическая модель, так называемого, разумного водителя (автор Трайбер М.), ускорение в этой модели есть непрерывная функция от скорости V_a , промежутка между АТС $S_a = (d_a - l_{a-1})$ и разницы скоростей ΔV_a рассматриваемого (a) и движущегося впереди АТС (13) [7]:

$$\frac{dV_a}{dt} = a_a \left[1 - \left(\frac{V_a}{V_a^0} \right)^\delta - \left(\frac{S_a^*(V_a, \Delta V_a)}{S_a} \right)^2 \right] \quad (13)$$

Первое слагаемое описывает ускорение движения $a_a [1 - (V_a / V_a^0)^\delta]$ на свободной дороге и второе слагаемое описывает необходимость в замедлении при взаимодействии с другими АТС $f_{a,(a-1)} = - S_a [S_a^*(V_a, \Delta V_a) / S_a]^2$. Член, отвечающий за замедление, зависит от отношения между желаемым просветом S_a^* и актуальным просветом S_a и динамически изменяется вместе со скоростью V_a со степенью приближения ΔV_a , этим отражая разумное поведение водителя.

Vissim позволяет имитировать движение транспорта и пешеходов (имитационное микро моделирование), что позволяет ему быть необходимым инструментом при анализе проектных и организационных решений, если речь идёт о планировании движения [137].

Возможности программного обеспечения:

- оценка влияния типа пересечения дорог на пропускную способность (нерегулируемый перекрёсток, регулируемый перекрёсток, круговое движение, железнодорожный переезд, развязка в разных уровнях);

- проектирование, тестирование и оценка влияния режима работы светофора на характер транспортного потока;
- оценка транспортной эффективности предложенных мероприятий;
- анализ управления дорожным движением на автострадах и городских улицах, контроль за направлениями движения как на отдельных полосах, так и на всей проезжей части дороги;
- анализ влияния управления движением на ситуацию в транспортной сети (регулирование притока транспорта, изменение расстояния между вынужденными остановками транспорта, проверка подъездов, организация одностороннего движения и полос для движения общественного транспорта);
- анализ пропускной способности больших транспортных сетей (например, сети автомагистралей или городской улично-дорожной сети) при динамическом перераспределении транспортных потоков (это необходимо, например, при планировании перехватывающих парковок);
- детальная имитация движения каждого участника движения.

Исходными данными для создания микромоделей стали загруженность и интенсивность транспортных потоков по каждому из направлений движения.

Для исследования было рассмотрено шесть X-образных перекрестков городских улиц, на которых программное обеспечение самостоятельно моделировало движение потоков машин (рис. 18). Это пересечение двух неравнозначных четырехполосных городских магистралей с нерегулируемым движением. Со временем банк перекрестков может пополняться и отличаться между собой: формой перекрестка; наличием/отсутствием светофоров, пешеходного движения, остановочных пунктов общественного транспорта и т. д.; количеством полос движения.

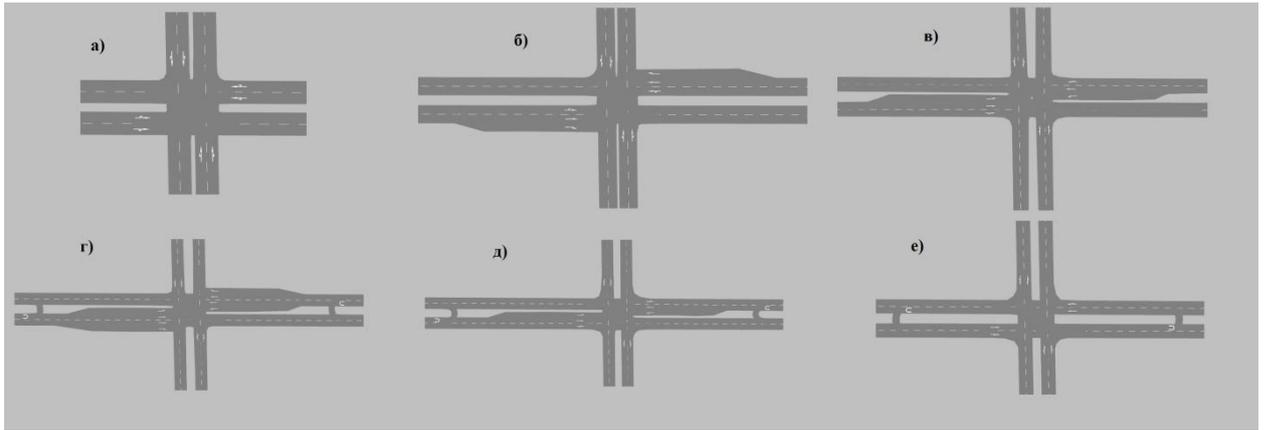


Рис. 18. Планировочные типы перекрестков, которые исследуются: а) X-образное с четырьмя полосами движения в конфликтующих направлениях; б) X-образное с четырьмя полосами движения в конфликтующих направлениях и наличием дополнительной полосы для осуществления правых поворотов; в) X-образное с четырьмя полосами движения в конфликтующих направлениях и наличием дополнительной полосы для осуществления левых поворотов; г) X-образное с четырьмя полосами движения в конфликтующих направлениях и наличием дополнительных полос для осуществления левых и правых поворотов; д) X-образное с четырьмя полосами движения в конфликтующих направлениях и запретом разворота на перекрестке (организация разворота до перекрестка); е) д) X-образное с четырьмя полосами движения в конфликтующих направлениях и выносом левого поворота по главной дороге за перекресток

Исходные данные для моделирования:

- интенсивность движения по главной дороге – 1500 авт/ч;
- интенсивность движения по второстепенной дороге – 100 авт/ч.

Результаты моделирования сведены в две таблицы по группам показателей: образование заторов на исследуемых перекрестках (табл. 8) и время проезда (табл. 9).

Таблица 8

Образование заторов на исследуемых перекрестках (результаты моделирования)

тип перекрестка	Средняя длина затора, м	Максимальная длина затора, м	Среднее количество остановок по всем направлениям	Максимальное количество остановок по всем направлениям	Количество направлений, на которых образовались заторы
простой	39,98	75,95	13	42	5

с правыми уширениями	38,35	50,37	7	20	5
с левыми уширениями	29,25	29,25	2	2	1
с правыми и левыми уширениями	20,77	23,34	1	1	2
с организацией разворота до перекрестка	-	-	-	-	-
с вынесенным за перекресток левым поворотом	78,28	90,71	32	42	4

Таблица 9

Время проезда исследуемых перекрестков (результаты моделирования)

тип перекрестка	Главная дорога		Второстепенная дорога	
	Максимальное время проезда перекрестка, с	Минимальное время проезда перекрестка, с	Максимальное время проезда перекрестка, с	Минимальное время проезда перекрестка, с
простой	26,59	7,97	130,79	8,4
с правыми уширениями	20,18	6,74	71,44	6,09
с левыми уширениями	20,45	6,78	23,81	6,66
с правыми и левыми уширениями	8,4	6,7	15,00	6,34
с организацией разворота до перекрестка	8,95	6,78	15,97	6,98
с вынесенным за перекресток левым поворотом	51,98	7,71	85,56	5,66

Наилучшие результаты моделирования получены на перекрестках со следующим типом планировки: «с организацией разворота до перекрестка» и «с наличием левых и правых уширений». Худшие показатели отмечены на

перекрестке, который не изменен конструктивно и на перекрестке, где левый поворот вынесен за перекресток [107].

Таким образом, выявлено, что на снижение средней скорости движения, пропускной способности городских улиц, требуемого уровня обслуживания дорожного движения влияет не только планировочный тип пересечения, но и количество полос движения в конфликтующих направлениях.

Дальнейшим развитием системы может стать включение моделей других типов перекрестков, перекрестков с регулируемым движением, а также учет движение пешеходов, остановочные пункты маршрутного транспорта общего пользования, организация парковочного пространства и других проблем, оказывающих существенное влияние на обеспечение устойчивой городской мобильности.

2.3. Факторы и ограничения по выбору типов мероприятий по повышению уровня обслуживания дорожного движения

Выбор мероприятий по повышению уровня обслуживания дорожного движения должен проводиться с учетом основных факторов и ограничений, которые условно можно разделить на 10 групп (рис. 19):

- пространственные (территориальные);
- интенсивности движения различных участников;
- изменение интенсивности движения;
- спрос на выполнение поворотных маневров различного направления;
- существующая организация движения на рассматриваемом участке;
- существующие способы управления движением на перекрестках;
- организация остановочных пунктов МТОП;
- организация парковки транспортных средств;
- экономические;
- временные - сроки реализации предлагаемых мероприятий.



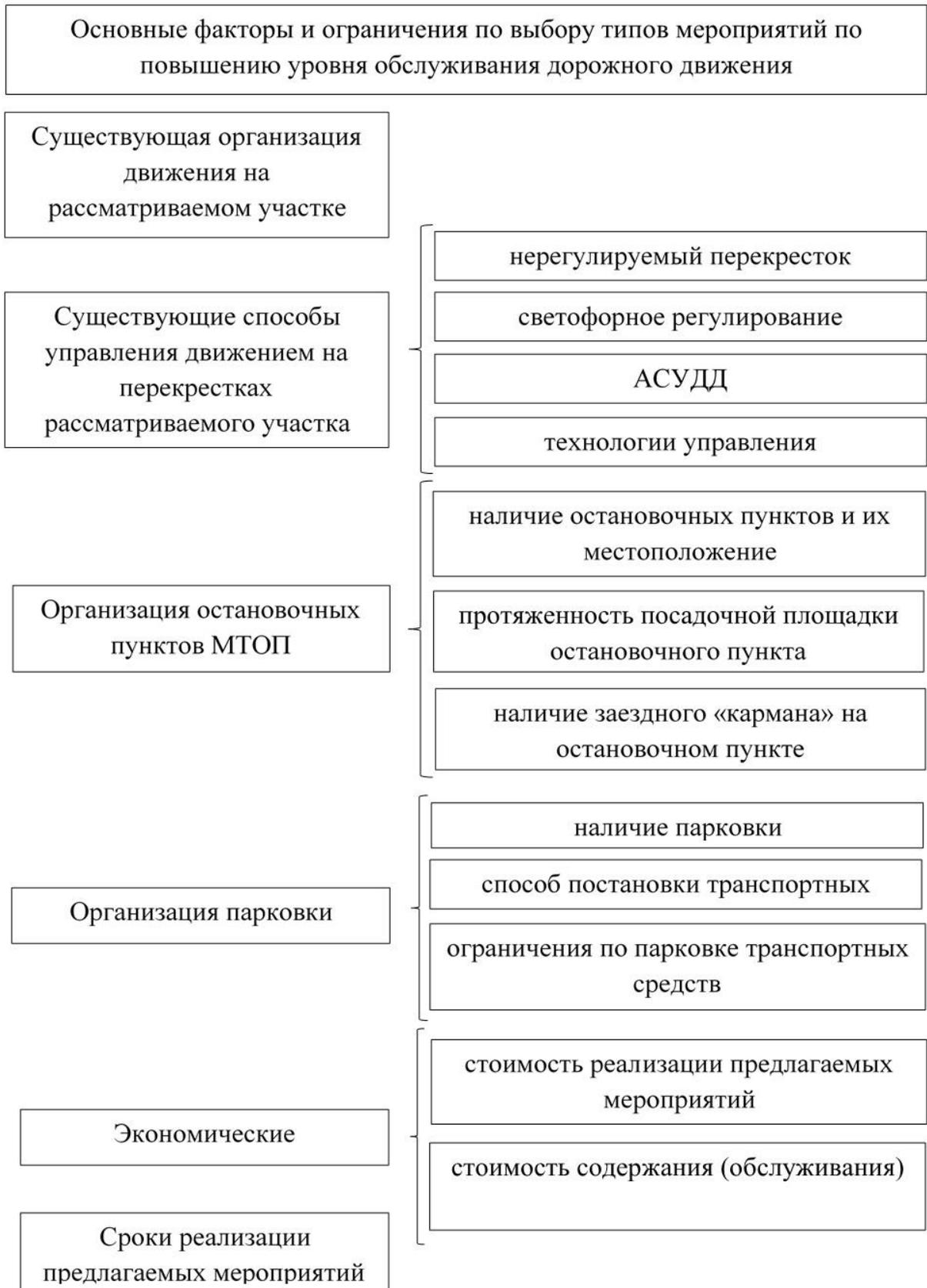


Рис. 19 – Основные факторы и ограничения по выбору типов мероприятий по повышению уровня обслуживания дорожного движения

1. Пространственные (территориальные) ограничения – физическая возможность внесения изменений в существующие планировочные решения элементов УДС. К таким факторам относятся:

- расстояния до застройки (в красных линиях);
- наличие элементов в поперечном профиле улицы, за счет которых возможно применение локальных мероприятий;
- ограничения, налагаемые размещением инженерных коммуникаций.

2. Интенсивности движения различных участников:

- интенсивность движения различных типов автомобилей;
- интенсивность движения различных видов маршрутного транспорта общего пользования (МТОП);
- интенсивность движения пешеходов;
- интенсивность движения велосипедистов.

3. Изменение интенсивности движения:

- степень неравномерности интенсивности движения;
- степень предсказуемости изменений интенсивности движения.

4. Спрос на выполнение поворотных маневров различного направления:

- интенсивность движения ТС, поворачивающих направо;
- интенсивность движения ТС, поворачивающих налево;
- интенсивность движения ТС, выполняющих разворот.

5. Существующая организация движения на рассматриваемом участке улицы.

6. Существующие способы управления движением на перекрестках рассматриваемого участка улицы:

- нерегулируемый перекресток;
- светофорное регулирование;
- АСУДД;
- технологии управления.

7. Организация остановочных пунктов МТОП:

- наличие остановочных пунктов и их местоположение;

- протяженность посадочной площадки остановочного пункта;
- наличие заездного «кармана» на остановочном пункте.

8. Организация парковки транспортных средств:

- наличие парковки;
- способ постановки транспортных средств;
- ограничения по парковке транспортных средств.

9. Экономические:

- стоимость реализации предлагаемых мероприятий;
- стоимость содержания (обслуживания)

10. Сроки реализации предлагаемых мероприятий.

Накладываемые на выбор мероприятий по повышению уровня обслуживания дорожного движения ограничения позволяют транспортным инженерам выбирать мероприятия с учетом существующей или перспективной ситуации на улично-дорожной сети.

Выводы по главе

1. Движение транспорта в крупных городах совершается по опорной сети города. Важно определить элементы УДС, составляющие опорную улично-дорожную сеть, на которых необходимо в первую очередь осуществлять мероприятия по повышению уровня обслуживания дорожного движения. Именно по этим улицам реализуется основной объем транспортной работы.

2. Предложен алгоритм формирования опорной улично-дорожной сети города. Основными критериями этого алгоритма выступают совершаемые по УДС корреспонденции и интенсивность движения. Алгоритм включения городских улиц в опорную улично-дорожную сеть позволяет формировать реальную опорную сеть городов.

3. На сформированной с помощью алгоритма опорной сети следует провести обследование эффективности функционирования дорожного движения не отдельно по каждой городской улице, а по всей сети. Для

участков, ограничивающих скорость движения, целесообразно подготовить мероприятия по повышению уровня обслуживания дорожного движения.

4. Мероприятия по повышению уровня обслуживания дорожного движения условно можно разделить на три группы: развитие транспортной инфраструктуры; организация дорожного движения; управление движением. В диссертационной работе не рассматриваются мероприятия по строительству элементов УДС, т. к. работа посвящена повышению уровня обслуживания дорожного движения на существующей УДС. Поэтому для рассмотрения взяты локальные планировочные, мероприятия по совершенствованию организации движения и управления им.

5. На снижение средней скорости движения, пропускной способности городских улиц влияет не только планировочный тип пересечения, но и количество полос движения в конфликтующих направлениях.

6. Классификация мероприятий по повышению уровня обслуживания позволяет выбирать необходимый набор мероприятий с учетом существующих дорожных условий и накладываемых на них ограничений. Условно основные факторы и ограничения по выбору типов мероприятий можно разделить на 10 групп. Каждая группа факторов и ограничений включает в себя подгруппы факторов, позволяющих транспортным инженерам выбирать мероприятия по совершенствованию дорожного движения с учетом существующей или перспективной ситуации на улично-дорожной сети.

7. Предложенные алгоритм определения опорной улично-дорожной сети, классификация мероприятий по повышению уровня обслуживания дорожного движения и ограничения по их выбору составляют основу Методики повышения уровня обслуживания дорожного движения.

Глава 3. РАЗРАБОТКА МЕТОДИКИ ПОВЫШЕНИЯ УРОВНЯ ОБСЛУЖИВАНИЯ ДОРОЖНОГО ДВИЖЕНИЯ В ГОРОДСКИХ УСЛОВИЯХ

3.1. Формирование комплексов мероприятий с учетом фактических ограничений по выбору типов мероприятий по повышению уровня обслуживания дорожного движения

Для решения выявленных в разделе 1.3. проблем были разработаны комплексы мероприятий, включающие в себя применение локальных планировочных мероприятий, мероприятия по изменению организации и управления дорожным движением.

Локальные мероприятия делятся на мероприятия реконструктивно-планировочного, инженерно-строительного и организационно-технического характера. Применение комплекса мероприятий в каждом конкретном случае дает наибольший эффект, обеспечивая повышение пропускной способности наиболее загруженных транспортных узлов и участков УДС, увеличивая среднюю скорость движения транспортного потока, существенно повышая безопасность движения [79].

Применение на улично-дорожной сети мероприятий, рассмотренных в разделе 2.2., должно вырабатываться с учетом существующих условий движения, организации движения и ряда ограничивающих факторов, т. е. укрупненная матрица взаимосвязи факторов и назначаемых мероприятий [136].

В диссертационной работе не рассматриваются мероприятия по строительству элементов УДС, т. к. работа посвящена повышению уровня обслуживания дорожного движения на существующей УДС. Поэтому для рассмотрения взяты локальные планировочные мероприятия, мероприятия по совершенствованию организации движения и управления им.

Прежде всего, проверяется наличие территории для применения локальных мероприятий. Если территории достаточно, выбираются локальные

мероприятия, с учетом выбранных локальных мероприятий изменяется организация дорожного движения и совершенствуется управление движением. Если территория для применения локальных мероприятий отсутствует – совершенствуется организация и управление дорожным движением.

Рассмотрим указанные рекомендации на примере проблем, характерных для улично-дорожной сети крупных городов:

- снижение пропускной способности по причине несоответствия спроса на выполнение левого поворота для совершения маневра;
- снижение пропускной способности по причине несоответствия спроса на выполнение правого поворота для совершения маневра;
- снижение пропускной способности по причине несоответствия спроса на выполнение разворота для совершения маневра;
- снижение пропускной способности, вызванное движением маршрутного транспорта общего пользования (МТОП);
- снижение пропускной способности, вызванное наличием припаркованных автомобилей;
- снижение пропускной способности, вызванное интенсивным движением пешеходных потоков.

Проблема снижения пропускной способности по причине большого спроса на выполнение лево/право поворотного маневра. Рекомендации по решению данной проблемы приведены в табл. 10.

Таблица 10

Комплекс мероприятий, направленных на решение проблемы снижения пропускной способности по причине большого спроса на выполнение лево/право поворотного маневра

Имеется возможность организации правого/левого поворота за счет сокращения разделительной полосы/тротуара?	
Да, имеется	Нет, не имеется

Локальные мероприятия	Организация дорожного движения	Управление движением	Локальные мероприятия	Организация дорожного движения	Управление движением	
Организация уширения за счет разделительной полосы (левый поворот)/тротуара (правый поворот)	Поворот с одной полосы	Выделение доп. секции для совершения поворота	Не применяются	Анализ возможности совершения левого/правого поворота с двух полос	Выделение доп. секции для совершения поворота	
		Отсечение встречного потока				Отсечение встречного потока
	Поворот с двух полос	Выделение доп. секции для совершения поворота				
		Отсечение встречного потока				
Отнесенный за перекресток левый поворот за счет организации разрыва в разделительной полосе	Канализирование движения	Корректировка режима работы светофорного объекта	Не применяются	Запрет левого/правого поворота	Корректировка режима работы светофорного объекта	
Организация разворота до перекрестка за счет разрыва в разделительной полосе	Канализирование движения	Корректировка режима работы светофорного объекта				

Проблема снижения пропускной способности, вызванная движением маршрутного транспорта общего пользования (МТОП). Рекомендации по решению данной проблемы приведены в табл. 11.

Комплекс мероприятий, направленных на решение проблемы снижения пропускной способности, вызванной движением маршрутного транспорта общего пользования (МТОП)

Имеется возможность организации остановочного пункта МТОП за счет уменьшения тротуара?					
Да, имеется			Нет, не имеется		
Локальные мероприятия	Организация дорожного движения	Управление движением	Локальные мероприятия	Организация дорожного движения	Управление движением
Организация заездного кармана для остановочного пункта МТОП	Организация выделенной полосы для движения МТОП	Корректировка режима работы светофорного объекта с применением адаптивного управления для приоритетного пропуска МТОП	Не применяются	Организация выделенной полосы для движения МТОП	Корректировка режима работы светофорного объекта с применением адаптивного управления для приоритетного пропуска МТОП

Проблема снижения пропускной способности, вызванная наличием припаркованных автомобилей. Рекомендации по решению данной проблемы приведены в табл. 12.

Комплекс мероприятий, направленных на решение проблемы снижения пропускной способности, вызванной наличием припаркованных автомобилей

Имеется возможность организации парковочных мест за счет уменьшения тротуара?					
Да, имеется			Нет, не имеется		
Локальные мероприятия	Организация дорожного движения	Управление движением	Локальные мероприятия	Организация дорожного движения	Управление движением
Устройство «кармана» для организации парковочных	Введение зоны платной парковки	Изменение с учетом принятых мероприятий	Не применяются	Введение зоны платной парковки	Изменение с учетом принятых мероприятий

мест параллельно транспортному потoku					
Устройство «кармана» для организации парковочных мест «елочкой»	Введение зоны платной парковки	Изменение с учетом принятых мероприятий	Не применяются	Запрет остановки транспортных средств. Введение зоны платной парковки	Изменение с учетом принятых мероприятий

Проблема снижения пропускной способности, вызванная интенсивным движением пешеходных потоков. Рекомендации по решению данной проблемы приведены в табл. 13.

Таблица 13

Комплекс мероприятий, направленных на решение проблемы снижения пропускной способности, вызванной интенсивным движением пешеходных потоков

Высокая интенсивность движения пешеходных и транспортных потоков. Имеется возможность разделения потоков в пространстве?					
Да, имеется			Нет, не имеется		
Локальные мероприятия	Организация дорожного движения	Управление движением	Локальные мероприятия	Организация дорожного движения	Управление движением
Строительство подземного /надземного пешеходного перехода	Изменение с учетом принятых мероприятий	Изменение с учетом принятых мероприятий	Не применяются	Обустройство пешеходного перехода: установка заграждений, препятствующих переходу ПЧ в неполюженном месте, организация островков безопасности	Оптимизация режима работы СО

Наибольший эффект дает комплексное применение указанных мероприятий. Выбор комплекса мероприятий зависит от существующих условий, вышеперечисленных факторов и ограничений.

Реализация грамотно разработанных локальных мероприятий позволяет решать проблемы, которые сопровождают постоянное развитие городов, в связи с ростом численности населения и увеличением уровня автомобилизации. Актуальными остаются вопросы повышения пропускной способности, безопасности и удобства всех участников дорожного движения.

При невозможности обеспечения заданного уровня обслуживания дорожного движения указанным комплексом мероприятий необходим переход к реконструктивным мероприятиям элементов УДС.

Наиболее эффективным инструментом при выборе, разработке и оценке эффективности локальных мероприятий на УДС выступает имитационное моделирование. Выработка мероприятий производится для каждого перегона и перекрестка рассматриваемого маршрута (участка улицы, комплекса улиц). Современные программные продукты, используемые в деятельности транспортных инженеров, позволяют по полученным в ходе обследований данным об условиях дорожного движения выявлять возможные резервы повышения пропускной способности, определять проектные решения и мероприятия по их реализации, а главное проверять эффективность предложенных мероприятий еще до того, как они будут применены на реальных объектах [2], [21], [2].

Кроме приведенного перечня локальных мероприятий, в зарубежной практике широко применяют такие меры по повышению пропускной способности, как ограничение мест и времени под парковку, введение зон и участков дорог в черте города для платного пользования, реверсивное движение, приоритетное движение городского пассажирского транспорта (ГПТ) и т.д. [6].

Данные мероприятия направлены на устранение наиболее загруженных и аварийных частей дорожной сети, что в свою очередь позитивно отражается на

объемах транспортного обслуживания населения и бизнеса, повышает надежность, безопасность и качество перевозок людей и грузов.

Приведенная таблица комплексов мероприятий может дополняться с учетом других ограничений, изложенных в разделе 2.3.

3.2. Влияние комплексов мероприятий по повышению уровня обслуживания дорожного движения на безопасность дорожного движения

Безопасность дорожного движения (БДД) является приоритетным фактором при функционировании транспортных и пешеходных потоков в крупных городах. За последние годы наметилась некоторая положительная тенденция в снижении количества ДТП в РФ, но постоянно растущий уровень автомобилизации приводит в тому, что БДД на улично-дорожной сети продолжает находиться на достаточно низком уровне. Специалистами разработано значительное количество рекомендаций по снижению аварийности на автомобильных дорогах и оценке БДД, такие как:

- ОДМ 218.4.004-2009 Руководство по устранению и профилактике возникновения участков концентрации ДТП при эксплуатации автомобильных дорог;
- ОДМ 218.4.005-2010 Рекомендации по обеспечению безопасности движения на автомобильных дорогах;
- ОДМ 218.6.009-2013 Методические рекомендации по оценке безопасности движения при проектировании автомобильных дорог;
- ОДМ 218.6.010-2013 Методические рекомендации по организации аудита безопасности дорожного движения при проектировании и эксплуатации автомобильных дорог;
- ОДМ 218.6.011-2013 Методика оценки влияния дорожных условий на аварийность на автомобильных дорогах федерального значения для планирования мероприятий по повышению безопасности дорожного движения;

- ОДМ 218.6.015-2015 Рекомендации по учету и анализу дорожно-транспортных происшествий на автомобильных дорогах Российской Федерации;

- ОДМ 218.6.027-2017 Рекомендации по проведению аудита безопасности дорожного движения при проектировании, строительстве и эксплуатации автомобильных дорог.

Помимо необходимости проведения работ по общему улучшению параметров, оценивающих эффективность организации дорожного движения, в том числе уровня обслуживания, целесообразно применять меры по обеспечению БДД, направленные на снижение общего числа ДТП и обеспечения равномерности движения транспортных потоков по УДС.

Применение комплексов мероприятий по повышению уровня обслуживания дорожного движения должно быть сопряжено с их влиянием на уровень безопасности дорожного движения.

Уровень безопасности дорожного движения представляет собой качественный показатель, оценивающий эффективность БДД, в то время как уровень обслуживания дорожного движения оценивает качество ОДД. На автомобильных дорогах различают четыре качественных уровня безопасности дорожного движения: высокий, допустимый, предельный и низкий [54]. Соответствие показателей уровня БДД и уровня обслуживания ОДД приведены в табл. 14.

Таблица 14

Соответствие показателя уровня обслуживания дорожного движения уровню безопасности дорожного движения

Уровень обслуживания дорожного движения	Уровень безопасности и дорожного движения	Критерии соответствия			
		Коэффициент загрузки дороги (по условиям БДД)	Риск возникновения ДТП, связанных с дорожными условиями	Эмоциональная нагрузка водителя	Условия работы водителя

А	Высокий	<0,2 (оптимальный)	Минимальный	Низкая	Оптимальные
В	Высокий	0,2-0,45 (оптимальный)	Минимальный	Нормальная	Оптимальные
С	Допустимый	0,45-0,7 (минимальные отклонения от оптимальных значений)	Ниже средних значений	Высокая	Оптимальная напряженность
Д	Предельный	0,7-0,9 (имеет значительные отклонения от оптимальных значений)	Выше средних значений	Очень высокая	Повышенная нагрузка
Е	Низкий	0,9-1,0 (максимальный)	Максимальный	Очень высокая	Повышенная нагрузка
F	Низкий	>1,0 (максимальный)	Максимальный	Крайне высокая	Повышенная нагрузка

На каждом уровне обслуживания дорожного движения существуют свои условия движения и свои причины для возникновения ДТП, в результате которых возникают типичные виды ДТП, которые для каждого из шести уровней (А, В, С, D, Е, F) являются характерными. Согласно перечню выделяют девять видов ДТП:

- столкновение (столкновения с внезапно остановившимся транспортным средством (перед светофором, при заторе движения или из-за технической неисправности);
- опрокидывание;
- наезд на стоящее транспортное средство;
- наезд на препятствие (опора моста, столб, дерево, ограждение и т.д.);
- наезд на пешехода;
- наезд на велосипедиста;
- наезд на гужевой транспорт (наезд на животное);

- падение пассажира;
- иной вид ДТП (падение перевозимого груза или отброшенного колесом транспортного средства предмета на человека, животное или другое транспортное средство, наезд на лиц, не являющихся участниками дорожного движения, наезд на внезапно появившееся препятствие (упавший груз, отделившееся колесо и пр.) [64].

Для уровня обслуживания А, который характеризуется движением автомобилей в свободных условиях и отсутствием между ними взаимодействия, основными причинами ДТП являются превышение скорости, потеря управления, невнимательность водителей. Для этого уровня обслуживания типичными видами ДТП являются опрокидывание, наезд на стоящее транспортное средство, наезд на препятствие, наезд на пешехода.

На улично-дорожной сети соответствующей уровню обслуживания А целесообразно, прежде всего, проводить мероприятия по контролю скоростного режима: установка средств регулирования (предупреждающая разметка проезжей части, дорожные знаки «рекомендуемая скорость движения», «ограничение скорости», направляющие столбики), при возможности необходимо отделять встречные потоки разделительной полосой, разделение пересекающихся потоков в пространстве, обустройство внеуличных пешеходных переходов и т. д.

Для уровня обслуживания В, который характеризуется движением автомобилей группами и совершением большого количества маневров обгона, основной причиной ДТП является неправильно выполненный обгон. Для этого уровня обслуживания типичными видами ДТП являются опрокидывание, столкновение с попутно движущимся транспортным средством, наезд на препятствие.

Наиболее эффективными мероприятиями, направленными на повышение БДД при уровне обслуживания В являются ограничения маневров обгона: двойная осевая разметка проезжей части, введение одностороннего движения, знаков, предписывающих направление движение по полосам и т. д.

Для уровня обслуживания С, который характеризуется еще наличием в потоке больших интервалов между автомобилями, но при котором выполнение обгонов затруднительно, основной причиной ДТП является недооценка водителями скорости движения попутного автомобиля. Для этого уровня обслуживания типичными видами ДТП являются столкновение с попутно движущимся транспортным средством, столкновение с внезапно остановившимся транспортным средством перед светофором, наезд на препятствие.

Мероприятия по повышению БДД на улично-дорожной сети с уровнем обслуживания С включают в себя средства регулирования, направленные на соблюдение пользователями дорожной сети безопасного интервала движения: введение автоматических систем регулирования, установка информационного табло с рекомендуемой скоростью движения, напоминанием о необходимости соблюдать безопасный интервал движения, канализирование движения и т. д.

Для уровня обслуживания D, который характеризуется сплошным потоком автомобилей, движущихся с малыми скоростями, основной причиной ДТП является несоблюдение безопасного интервала между попутно движущимися транспортными средствами. Для этого уровня обслуживания типичными видами ДТП являются столкновение с попутно движущимся транспортным средством, столкновение с внезапно остановившимся транспортным средством перед светофором.

Для уровня обслуживания E, который характеризуется плотным движением потока с остановками и возникновением заторов, основной причиной ДТП является невнимательность, сильное утомление водителей и несоблюдение безопасного интервала между попутно движущимися транспортными средствами. Для этого уровня обслуживания типичными видами ДТП являются столкновение с попутно движущимся транспортным средством.

Для уровня обслуживания F, который характеризуется полной остановкой движения, возникновение ДТП становится невозможным.

Движение транспортного потока при уровнях обслуживания D, E и F происходит на малых скоростях в стесненных условиях. Как правило те ДТП, которые возникают на уровнях обслуживания D, E, F носят легкий характер последствий. Основные мероприятия при таких неэффективных с точки зрения организации дорожного движения уровнях обслуживания направлены на соблюдение участниками движения безопасных интервалов, полосности и скорости движения. В качестве средств регулирования, позволяющих осуществление оперативного влияния на движение транспортного потока, применяются автоматические системы регулирования, световые табло с меняющейся информацией, полное канализирование движения на пересечениях в одном уровне [74].

Основными мероприятиями, оказывающими существенное влияние на повышение БДД при реконструкции улично-дорожной сети, являются:

- локально-планировочные (уширение проезжей части, увеличение количества полос, создание разделительной полосы, исправление трассы улицы в плане и продольном профиле, доведение радиусов горизонтальных кривых до оптимальных размеров, устройство виражей, устройство переходно-скоростных полос и разделительных островков на съездах и въездах, пересечениях и примыканиях, изменение планировки пересечений в одном уровне, строительство пересечений в разных уровнях, оборудование улицы заездными карманами для остановки ГПТ, стоянками автомобилей - устройство пешеходных переходов (в том числе в разных уровнях), тротуаров, пешеходных и велосипедных дорожек и др.);

- дорожные (усиление дорожных одежд с исправлением продольных и поперечных неровностей, устройство более совершенных типов покрытий, перекрытие изношенных цементобетонных покрытий слоями из цементобетона или асфальтобетона, устройство бордюров и укрепительных полос по краям усовершенствованных покрытий, ликвидация колеиности, установка на опасных участках ограждений, дорожных знаков, нанесение соответствующей разметки и др.);

- организационные (устройство (монтаж) новых и переустройство существующих средств организации и регулирования движения на пересечениях автомобильных дорог с автомобильными и железными дорогами, устройство систем мониторинга состояния дорог и условий движения, диспетчерского и автоматизированного управления движением с применением дистанционно управляемых знаков и табло со сменной информацией, светофоров и систем автоматики и телемеханики, устройство (переустройство) светофорной сигнализации, в том числе в местах пешеходных переходов, устройство электроосвещения на опасных участках улично-дорожной сети и др.).

Оценку уровня безопасности дорожного движения участков эксплуатируемых дорог рекомендуется проводить с использованием следующих основных данных о:

- количестве ДТП, числе погибших и раненых;
- количестве ДТП с материальным ущербом;
- относительных показателях аварийности;
- коэффициенте безопасности;
- коэффициенте аварийности;
- комплексном показателе оценки опасности участков;
- риске ДТП;
- числе конфликтных ситуаций;
- коэффициенте вариации фактически обеспеченной максимальной скорости движения автомобилей на рассматриваемом участке дороги;
- психо-физиологических показателях;
- экспертных мнениях аудиторов и др.

Комплексы мероприятий по повышению уровня обслуживания дорожного движения оказывают различную степень влияния на уровень БДД. В табл. 15 приведена характеристика влияния комплексов мероприятий по повышению уровня обслуживания дорожного движения, приведенных в разделе 3.1. диссертации, на снижение количества ДТП отдельных видов. В

таблице приведены пять основных видов ДТП, характерных для различных уровней обслуживания дорожного движения.

Таблица 15

Характеристика влияния комплексов мероприятий по повышению уровня обслуживания дорожного движения на снижение количества ДТП отдельных видов

Комплексы мероприятий, способствующие снижению вероятности возникновения ДТП данного вида	Вид ДТП
Комплекс мероприятий, включающий в себя локальные планировочные мероприятия по организации уширения проезжей части за счет разделительной полосы, организация поворота с одной/двух полос, выделение дополнительной секции для совершения поворота или отсечение встречного потока	<ul style="list-style-type: none"> - столкновение с встречным автомобилем; - столкновение с попутно движущимся автомобилем; - опрокидывание
Комплекс мероприятий, включающий в себя локальные планировочные мероприятия по устройству отнесенного за перекресток левого поворота за счет организации разрыва в разделительной полосе, канализирование движения, корректировка работы светофорного объекта	<ul style="list-style-type: none"> - столкновение с попутно движущимся автомобилем; - опрокидывание
Комплекс мероприятий, включающий в себя локальные планировочные мероприятия по устройству разворота до перекрестка за счет организации разрыва в разделительной полосе, канализирование движения, корректировка работы светофорного объекта	<ul style="list-style-type: none"> - столкновение с встречным автомобилем; - столкновение с попутно движущимся автомобилем; - опрокидывание
Комплекс мероприятий, включающий в себя локальные планировочные мероприятия по организации заездного кармана для остановочного пункта МТОП, организацию выделенной полосы для движения МТОП, корректировку режима работы светофорного объекта с применением адаптивного управления для приоритетного пропуска МТОП	<ul style="list-style-type: none"> - наезд на стоящее транспортное средство; - столкновение с попутно движущимся автомобилем; - наезд на велосипедиста
Комплекс мероприятий, включающий в себя локальные планировочные мероприятия по устройству «кармана» для организации парковочных мест параллельно транспортному потоку, введение зоны платной парковки	<ul style="list-style-type: none"> - наезд на стоящее транспортное средство; - столкновение с внезапно остановившимся транспортным средством

Комплекс мероприятий, включающий в себя локальные планировочные мероприятия по устройству «кармана» для организации парковочных мест «елочкой», введение зоны платной парковки	- наезд на стоящее транспортное средство; - столкновение с внезапно остановившимся транспортным средством
Комплекс мероприятий, включающий в себя локальные планировочные мероприятия по строительству подземного /надземного пешеходного перехода	- столкновение с внезапно остановившимся транспортным средством; - наезд на пешехода
Комплекс мероприятий, включающий в себя мероприятия по обустройству пешеходного перехода: установка заграждений, препятствующих переходу проезжей части в неполюженном месте, организация островков безопасности	- наезд на пешехода

Комплексы приведенных мероприятий позволяют снизить вероятность возникновения ДТП, наиболее часто встречающихся в городских условиях движения и наносящих наибольший социально-экономический ущерб. В табл. 16 приведена характеристика влияния комплексов мероприятий по повышению уровня обслуживания дорожного движения на повышение уровня БДД.

Таблица 16

Характеристика влияния комплексов мероприятий по повышению уровня обслуживания дорожного движения на повышение уровня БДД

Характеристика влияния комплексов мероприятий на повышение уровня БДД	Комплекс мероприятий по повышению уровня обслуживания дорожного движения
Значительно влияют	Комплекс мероприятий, включающий в себя локальные планировочные мероприятия по организации уширения проезжей части за счет разделительной полосы, организация поворота с одной/двух полос, выделение дополнительной секции для совершения поворота или отсечение встречного потока
	Комплекс мероприятий, включающий в себя локальные планировочные мероприятия по устройству отнесенного за перекресток левого поворота за счет организации

	разрыва в разделительной полосе, канализирование движения, корректировка работы светофорного объекта
	Комплекс мероприятий, включающий в себя локальные планировочные мероприятия по устройству разворота до перекрестка за счет организации разрыва в разделительной полосе, канализирование движения, корректировка работы светофорного объекта
	Комплекс мероприятий, включающий в себя запрет левого/правого поворота, корректировку режима работы светофорного объекта
	Комплекс мероприятий, включающий в себя локальные планировочные мероприятия по организации заездного кармана для остановочного пункта МТОП, организацию выделенной полосы для движения МТОП, корректировку режима работы светофорного объекта с применением адаптивного управления для приоритетного пропуска МТОП
	Комплекс мероприятий, включающий в себя локальные планировочные мероприятия по устройству «кармана» для организации парковочных мест параллельно транспортному потоку, введение зоны платной парковки
	Комплекс мероприятий, включающий в себя локальные планировочные мероприятия по устройству «кармана» для организации парковочных мест «елочкой», введение зоны платной парковки
	Комплекс мероприятий, включающий в себя локальные планировочные мероприятия по строительству подземного /надземного пешеходного перехода
Существенно влияют	Комплекс мероприятий, включающий в себя анализ возможности совершения левого/правого поворота с двух полос, выделение дополнительной секции для совершения поворота
	Комплекс мероприятий, включающий в себя анализ возможности совершения левого/правого поворота с двух полос, отсечение встречного потока
	Комплекс мероприятий, включающий в себя организацию выделенной полосы для движения МТОП,

	корректировку режима работы светофорного объекта с применением адаптивного управления для приоритетного пропуска МТОП
	Комплекс мероприятий, включающий в себя запрет остановки транспортных средств
	Комплекс мероприятий, включающий в себя мероприятия по обустройству пешеходного перехода: установка заграждений, препятствующих переходу проезжей части в неполюженном месте, организация островков безопасности
Способствуют	Введение зоны платной парковки
	Комплекс мероприятий, включающий в себя ограничения на парковку транспортных средств

Повышение показателей эффективности организации дорожного движения, качества движения транспортных потоков должно идти с опорой на формирование высокого уровня безопасности дорожного движения. Самые эффективные, с точки зрения организации дорожного движения, мероприятия должны проходить строгую оценку в отношении их безопасности для всех участников транспортного процесса.

3.3. Подготовка эксперимента по внедрению методики повышения уровня обслуживания дорожного движения в практику транспортного планирования

Методика повышения уровня обслуживания включает в себя несколько самостоятельных этапов. На первом этапе проводится проверка городских улиц на возможность включения их в опорную улично-дорожную сеть. После того, как опорная сеть сформирована, рекомендуется провести обследование эффективности функционирования дорожного движения не отдельно по каждой городской улице, а по всей опорной сети, используя алгоритм повышения уровня обслуживания дорожного движения автомобильного транспорта (рис. 20).



Рис. 20 – Алгоритм повышения уровня обслуживания дорожного движения

Прежде всего, перечень городских улиц, входящих в опорную сеть, проверяется на соответствие назначенного уровня обслуживания. Если уровень обслуживания соответствует назначенному, для каждой категории городской улицы, – городская сеть функционирует исправно и не требует дополнительных корректировок или проведения мероприятий по реорганизации дорожного движения.

Значения уровня обслуживания, не соответствующие назначенным, свидетельствуют о необходимости выявления участков, ограничивающих скорость движения на рассматриваемой сети [111].

После выявления участков, ограничивающих скорость движения, целесообразно подготовить рекомендации по повышению уровня обслуживания. Выработка мероприятий происходит последовательно. Прежде всего анализируются факторы и ограничения по выбору типов мероприятий по повышению уровня обслуживания дорожного движения.

Следующим шагом является разработка локальных планировочных мероприятий с учетом возможности их применения на рассматриваемой территории и с учетом других ограничений.

С учетом выбранных локальных планировочных мероприятий происходит разработка мероприятий по совершенствованию организации дорожного движения.

Выбор мероприятий по повышению уровня обслуживания дорожного движения завершается разработкой мероприятий по совершенствованию управления движением с учетом разработанных локальных мероприятий и изменениям в организации дорожного движения. Реорганизация дорожного движения – это сложный процесс, являющийся многокритериальной задачей принятия решений. Цена ошибки принятия неверных решений при внедрении мероприятий по реорганизации дорожного движения в реальную жизнь экономически очень высока (высокие затраты на строительство транспортных сооружений, климатические и экологические условия).

Приведенные в разделе 3.1. диссертации укрупненные матрицы предлагаемых мероприятий по повышению уровня обслуживания дорожного движения с учетом существующих факторов по их выбору, позволяют минимизировать трудовые затраты на этапе выработки мероприятий.

Предложенные мероприятия должны послужить основой для повышения уровня обслуживания дорожного движения опорной улично-дорожной сети, для этого проводится его оценка с применением транспортного моделирования. Транспортное моделирование представляет собой наиболее точный на сегодняшний день инструмент оценки решений по развитию транспортной системы и совершенствованию ОДД, позволяющий отработать те или иные мероприятия по реорганизации дорожного движения на имитационной модели. Инструмент моделирования предъявляет повышенные требования к качеству исходных данных, допускает относительно широкий набор альтернатив в выборе технологий моделирования, предоставляет значительное количество настраиваемых параметров и коэффициентов, а также показателей качества функционирования.

Имитационное моделирование — это распространённая разновидность аналогового моделирования, реализуемого с помощью набора математических средств, специальных компьютерных программ-симуляторов, позволяющих создавать в памяти компьютера процессы-аналоги, с помощью которых можно провести целенаправленное исследование структуры и функций реальной системы в режиме её «имитации», осуществить оптимизацию некоторых её параметров.

Имитационная модель должна отражать логику и закономерности поведения моделируемого объекта во времени и пространстве. Имитационная модель создаётся:

- для управления сложными процессами, чтобы определить их характерные особенности;

– в случаях, когда натуральное моделирование нежелательно или невозможно.

Имитационное моделирование является важным фактором в системах поддержки принятия решений, поскольку позволяет исследовать большое число альтернатив (вариантов решений), проигрывать различные сценарии при любых входных данных. Главное преимущество имитационного моделирования состоит в том, что исследователь для проверки новых стратегий и принятия решений при изучении возможных ситуаций всегда может получить ответ на вопрос, как поведет себя система при изменении входных условий. Имитационная модель позволяет прогнозировать в случаях, когда речь идёт о проектируемой системе или исследуются процессы развития (то есть когда реальной системы ещё не существует). В имитационной модели может быть обеспечен различный, в том числе и высокий, уровень детализации моделируемых процессов.

Общая методология построения и работы с транспортными моделями:

- предварительный анализ и выбор специального программного обеспечения (СПО) для моделирования;
- сбор и подготовка исходных данных для построения модели;
- ввод полученных данных в модель;
- верификация модели;
- калибровка и валидация модели;
- выполнение экспериментов, интерпретация и анализ результатов;
- прогнозирование и построение модели перспективной ситуации (при необходимости);
- формирование отчетных материалов и сопровождение модели, актуализация данных (при необходимости).

Эксперимент по внедрению методики повышения уровня обслуживания дорожного движения в городских условиях проводился с использованием программного продукта на двух уровнях: макро моделирование (СПО *PTV Visum*, возможности которого приведены в разделе 2.1.) и

микромоделирование (СПО *PTV Vissim*, возможности которого приведены в разделе 2.2.), а также в качестве инструмента для разработки и оптимизации режимов регулирования светофорных объектов применялся программный продукт *LISA+*.

Программное обеспечение «*LISA+*» является инструментом для разработки и оптимизации режимов регулирования светофорных объектов, расчета параметров безопасности регулирования, разработки координированного управления (графоаналитический метод), а также разработки алгоритмов адаптивного управления с последующей возможностью оценки характеристик движения транспорта по средствам имеющейся интеграции *LISA+* с транспортно-имитационной моделью *PTV VISSIM*. Вместе с этим, программный продукт *LISA+* имеет возможность выгрузки данных по разработанному режиму регулирования и параметрам безопасности для ряда дорожных контроллеров, таких как – *SIEMENS*, *SWARCO*, *CROSS* и др.

Возможности *LISA+*:

- оценка и автоматический расчет сигнального плана для простого и сложносоставного объекта регулирования;
- разработка сигнальных планов для координированного управления светофорными объектами по принципу «зеленая волна»;
- разработка режимов регулирования светофорного объекта с применением адаптивного управления на локальном уровне;
- оценка разработанных алгоритмов сетевого адаптивного управления в имитационной модели *PTV VISSIM*;
- оценка ситуации в процессе запуска моделирования и имитации транспортных потоков;
- создание базы данных разработанных сигнальных программ, с возможностью дальнейшей оптимизации;

- единый центр расчета, включающий в себя определение возможных конфликтных зон и расчет времени разгрузки данного конфликта в графическом представлении.

Программа позволяет гибко регулировать множество параметров таких как: длина транспортного средства, радиус поворота, динамические характеристики транспорта и т. д.

С применением программного продукта *Visum* был проработан алгоритм формирования опорной улично-дорожной сети, включая создание матрицы корреспонденций и распределение корреспонденций по улично-дорожной сети, составлены картограммы скоростей, определено соответствие фактического уровня обслуживания дорожного движения требуемому, были выявлены участки, ограничивающие скорость движения. Указанные действия позволяют определить объект совершенствования условий движения – выявить наиболее проблемные участки УДС с целью разработки на них комплекса мероприятий с применением микромоделирования.

В ходе эксперимента с помощью программного обеспечения *PTV Vissim* прорабатывалось применение комплекса мероприятий, включающего в себя разработку локальных планировочных мероприятий, мероприятий по совершенствованию организации дорожного движения и управления им, также проводилась проверка эффективности предложенных мероприятий по полученным эффектам, достигнутым за счет сокращения времени проезда, увеличения средней скорости движения и снижения уровня загрузки участков УДС.

Программное обеспечение «*LISA+*» было использовано для определения и оценки существующих условий движения транспорта на каждом локальном объекте в рамках применения Методики повышения уровня обслуживания дорожного движения в городских условиях. Также это программный продукт позволяет провести оптимизацию времени разгрузки конфликтных направлений, в том числе:

- разрабатывать схемы конфликтных точек участников движения на рассматриваемом пересечении, а также определять геометрические параметры;

- на основе разработанной схемы выполнять расчет по определению времени разгрузки конфликтных направлений;

- разрабатывать базовую матрицу, а также оптимизированную матрицу времени разгрузки;

- рассчитывать промежуточные такты в виде сигнальных планов.

Если назначенный уровень обслуживания дорожного движения достигнут, принимается предложенный комплекс мероприятий и производится технико-экономическая оценка его применения.

Если назначенный уровень обслуживания дорожного движения не обеспечен, повторяется цикл выработки комплекса мероприятий. При условии невозможности обеспечить назначенный уровень обслуживания дорожного движения за счет комплекса мероприятий, включающий локальные планировочные мероприятия, мероприятий по совершенствованию организации дорожного движения и управления им, делается вывод о необходимости реконструкции элементов УДС.

Повышение уровня обслуживания дорожного движения до требуемых значений должно проводиться с обязательной оценкой уровня безопасности дорожного движения на завершающем этапе.

В настоящее время существуют различные количественные методы оценки безопасности дорожного движения, использующиеся в зарубежной и отечественной практике:

1. Методы, включающие в себя обработку информации в части статистического учета ДТП, где оценка производится с использованием данных о фактической аварийности.

2. Методы прогнозирования возможного количества ДТП, с использованием статистических зависимостей между количеством ДТП и

различными факторами, которые характеризуют условия дорожного движения на конкретном участке УДС.

3. Методы, базирующиеся на изучении режима и характеристик движения на участке УДС.

4. Метод конфликтных ситуаций.

Вышеприведенные показатели используются для оценки текущего состояния безопасности дорожного движения на участке УДС. Однако для целей повышения уровня обслуживания дорожного движения требуется количественная оценка безопасности движения проектных решений, в рамках которой требуется применять вероятностные методы прогнозирования возможного количества ДТП.

Система оценки предложенных (проектных) решений по отношению к безопасности движения должна учитывать следующие факторы:

- вероятность возникновения ДТП на рассматриваемой сети;
- скорость движения;
- вероятность возникновения ситуаций, требующих повышенного внимания участников движения.

Оценка уровня безопасности должна проводиться по всей опорной улично-дорожной сети. Для оценки уровня безопасности на регулируемых и нерегулируемых пересечения городских улиц рекомендуется использовать методику А. М. Плотникова [61]. Для оценки уровня безопасности на отдельных участках городских улиц, в том числе перегонах, рекомендуется использовать ОДМ 218.4.005–2010 «Рекомендации по обеспечению безопасности движения на автомобильных дорогах» [5].

Выводы по главе

1. Применение на улично-дорожной сети мероприятий по повышению уровня обслуживания дорожного движения до требуемых значений должно вырабатываться с учетом существующих условий движения, организации движения и ряда ограничивающих факторов.

2. Комплексы мероприятий по повышению уровня обслуживания дорожного движения оказывают различную степень влияния на уровень безопасности дорожного движения. Повышение показателей эффективности организации дорожного движения, качества движения транспортных потоков должно идти с опорой на формирование высокого уровня безопасности дорожного движения.

3. Наибольший эффект дает комплексное применение мероприятий. При невозможности обеспечения заданного уровня обслуживания дорожного движения комплексом мероприятий, включающим в себя разработку локальных планировочных мероприятий, мероприятий по совершенствованию организации дорожного движения и управления им, необходим переход к реконструктивным мероприятиям элементов УДС.

4. Предложенная Методика повышения уровня обслуживания дорожного движения в городских условиях позволяет:

- определять опорную сеть крупных городов и наиболее загруженные участки улично-дорожной сети;

- повысить пропускную способность наиболее загруженных транспортных узлов путем их реконструкции для равномерного перераспределения транспорта по всем участкам магистралей регулируемого движения, входящих в опорную сеть с дальнейшим включением данных магистралей в систему АСУДД;

- применять планировочные решения, мероприятия по организации и управлению дорожным движением, обеспечивающие максимальную пропускную способность пересечений улиц.

5. Наиболее эффективным инструментом при выборе, разработке и оценке эффективности локальных мероприятий на УДС выступает имитационное моделирование. Современные программные продукты позволяют выявлять возможные резервы повышения пропускной способности, определять проектные решения и мероприятия по их

реализации, а главное проверять эффективность предложенных мероприятий еще до того, как они будут применены на реальных объектах.

6. Повышение уровня обслуживания дорожного движения до требуемых значений должно проводиться с обязательной оценкой уровня безопасности дорожного движения на завершающем этапе.

Глава 4. НАУЧНО-ПРАКТИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ВНЕДРЕНИЮ МЕТОДИКИ ПОВЫШЕНИЯ УРОВНЯ ОБСЛУЖИВАНИЯ ДОРОЖНОГО ДВИЖЕНИЯ В ГОРОДСКИХ УСЛОВИЯХ

4.1. Апробация методики повышения уровня обслуживания дорожного движения в городских условиях

Апробация Методики повышения уровня обслуживания дорожного движения проходила при разработке КСОДД городов Оренбург, Алматы, Челябинск и Санкт-Петербург. На основе модели, отражающей существующие условия движения на улично-дорожной сети, стало возможным оценить эффект от применения *Методики*.

Рассмотрим последовательность применения Методики повышения уровня обслуживания дорожного движения в городских условиях на примере г. Оренбург. Оренбург – город на юго-западе России, административный центр Оренбургской области. Население Оренбурга составляет более 560 000 человек, что относит Оренбург к числу крупных городов.

Общая протяженность сети автомобильных дорог Оренбурга составляет около 1514 км. Движение на городских улицах регулируется 176 светофорными объектами. Уровень автомобилизации Оренбургской области на 2018 г. согласно данным аналитического агентства «Автостат» составляет 324 автомобилей на 1000 жителей [68]. Город окружает обходная дорога общей протяжённостью около 47 км.

Применительно к г. Оренбург можно отметить, что УДС имеет развитую систему дорог преимущественно по меридианной связи – пр. Победы, Театральная ул., Пролетарская ул., ул. Цвиллинга, пр. Братьев Коростелевых, Комсомольская ул., ул. Терешковой, Донгузская ул., ул. 8 Марта, ул. Постникова, ул. Чичерина. К широтной дорожной связи можно отнести ул. Шевченко, ул. Чкалова, ул. Гагарина, Ленинская ул., ул. Постникова ул. 8 Марта, ул. Чичерина. Отсутствие развитой широтной дорожной связи

сказывается преимущественно в пиковые периоды, когда спрос на передвижение увеличивается и уровень загрузки на основной УДС достигает более 100%. Вместе с этим, ул. Чкалова и ул. Гагарина имеет широтную дорожную связь, примыкающую к центральной части города, что существенно увеличивает транспортную нагрузку на такие улицы центральной части города как: ул. 8 Марта, ул. Постникова, ул. Чичерина, ул. Максима Горького, ул. Кирова, Краснознаменная ул. Вследствие такой планировки дорог, значительный транзитный поток проходит по центральной части города, тем самым ухудшая экологическую обстановку и уровень обслуживания улиц центральной части города в целом, а также увеличивая риск дорожно-транспортных происшествий.

К основному каркасу УДС г. Оренбург можно отнести 110 магистралей общегородского значения регулируемого движения, но не все из них выполняют функции по распределению движения и соответствуют квалификационным признакам магистралей общегородского значения.

Для выделения опорной улично-дорожной сети г. Оренбург было исследовано распределение транспортного потока города по основным корреспонденциям.

В табл. 17, в качестве примера, приведены данные распределения транспортного потока по корреспонденциям для следующих крупных магистралей г. Оренбург:

- улица Донгузская;
- улица Чкалова, переходящая в проспект Гагарина;
- проспект Победы;
- улица Терешковой;
- улица Цвиллинга, переходящая в проспект Братьев Коростелевых.

Таблица 17

Распределение транспортного потока по корреспонденциям

	Совершаемые корреспонденции, %
--	--------------------------------

Магистраль	«центр-окраина»	«центр-жилые районы»	суммарно прямое направление	«окраина – центр»	«жилые районы–центр»	суммарно обратное направление
ул. Донгузская	14,5	5,7	20,2	17,2	5,9	23,1
ул. Чкалова – пр. Гагарина	20,4	38	58,4	20,5	38,9	59,4
пр. Победы	3,4	77,6	81	3,4	75,8	79,2
ул. Терешковой	6,9	21,1	28	5,8	25,7	31,5
ул. Цвиллинга – пр. братьев Коростелевых	6,8	37,9	44,7	7,3	40,6	47,9

Приведенные данные показывают, что доля корреспонденций на рассматриваемых магистралях Оренбурга значительно превышает значение, указанное в алгоритме определения опорной улично-дорожной сети (раздел 2.1. диссертации), или близко к нему. Проверка основного каркаса УДС города по указанному алгоритму позволила выделить опорную улично-дорожную сеть (рис. 21).

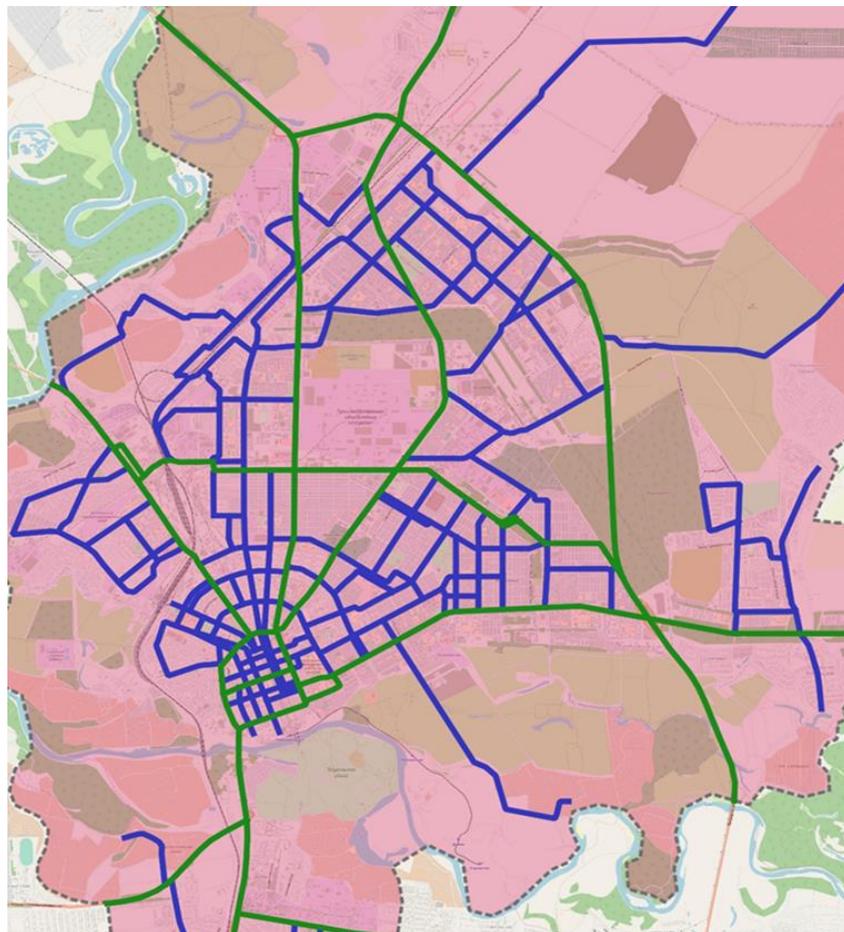


Рис. 21 – Опорная улично-дорожная сеть г. Оренбург

Для проверки соответствия фактического уровня обслуживания дорожного движения требуемым по нормативной документации значениям была создана картограмма средних скоростей движения транспортного потока по опорной улично-дорожной сети (рис. 22).

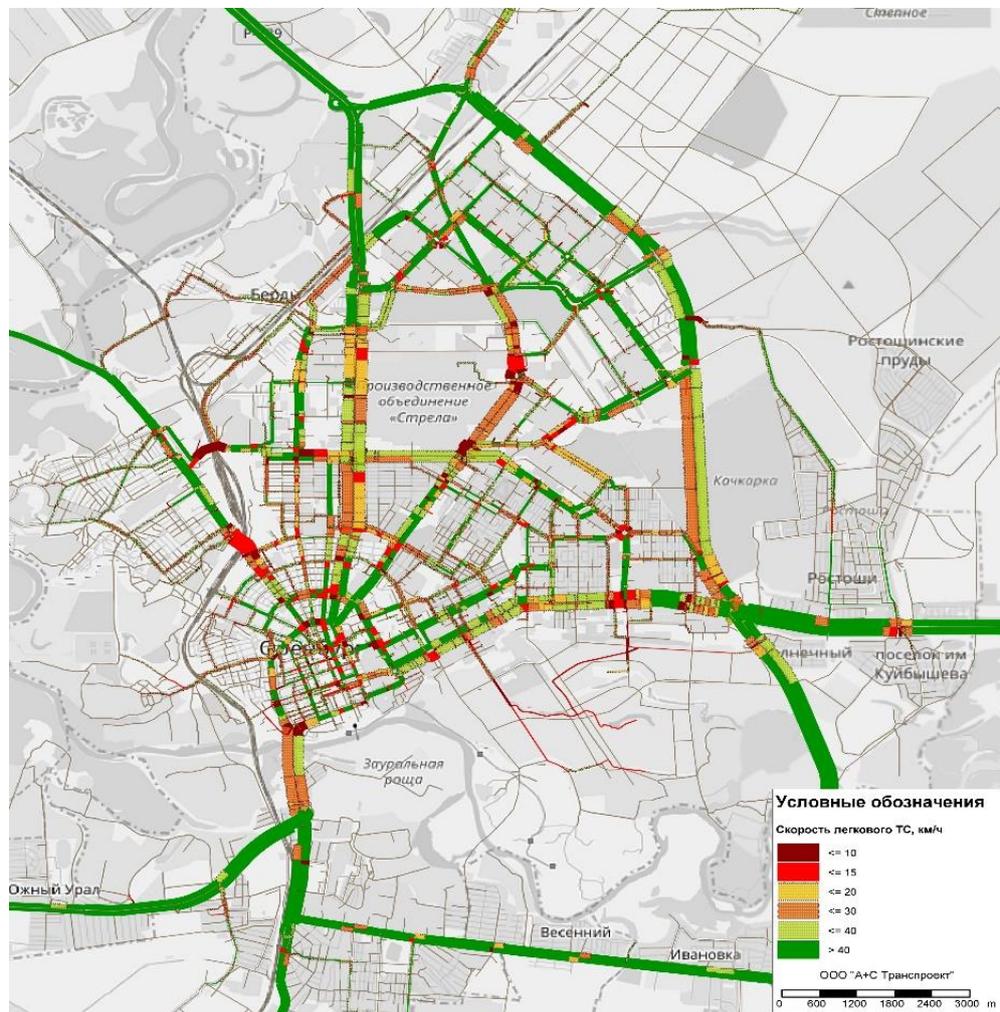


Рис. 22 – Картограмма скоростей г. Оренбург

Анализ картограммы скоростей позволяет определить участки опорной улично-дорожной сети, на которых фактический уровень обслуживания дорожного движения не соответствует требуемому по Приказу министерства транспорта №114 «О порядке проведения мониторинга дорожного движения» (табл. 18).

Значения уровней обслуживания дорожного движения на магистральных улицах общегородского значения регулируемого движения (2-го и 3-го класса)

Уровень обслуживания дорожного движения	Средняя скорость движения транспортных средств, км/ч
А	60-50
В	50-40
С	40-30
D	30-24
E	24-18
F	менее 18

Согласно приведенной таблице уровень обслуживания дорожного движения на магистральных улицах общегородского значения регулируемого движения (2-го и 3-го класса) определяется исходя из значений средней скорости движения. На рис. 23 показана картограмма уровня обслуживания дорожного движения.

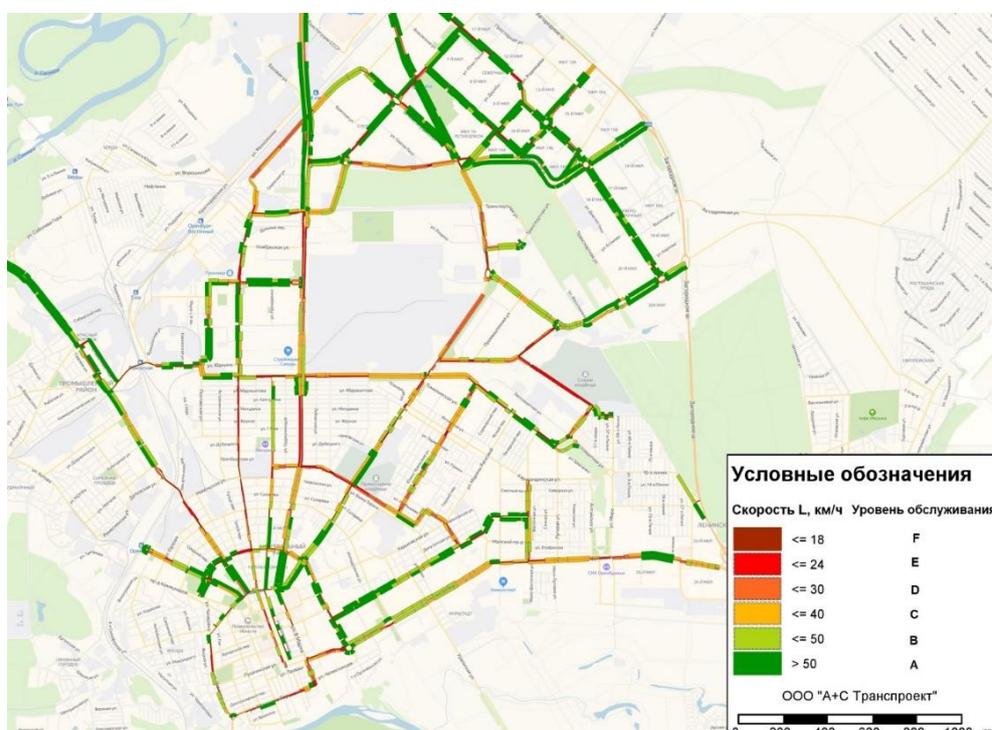


Рис. 23 – Картограмма уровня обслуживания дорожного движения для магистральных улиц общегородского значения регулируемого движения (2 и 3 класса)

Как видно из картограммы уровня обслуживания, на одной и той же магистральной улице уровень обслуживания дорожного движения может варьировать в пределах от уровня А – наивысшее значение уровня обслуживания, до уровня F – наихудшее значение.

По полученным значениям условий движения транспортного потока был проведен анализ участков опорной улично-дорожной сети, наиболее ограничивающих среднюю скорость движения транспортного потока, а следовательно, снижающие уровень обслуживания дорожного движения.

УДС г. Оренбург имеет развитую систему дорог преимущественно по меридианной связи. Отсутствие развитой широтной дорожной связи сказывается преимущественно в пиковые периоды, когда спрос на передвижение увеличивается и уровень загрузки на основной УДС достигает более 100%. Анализ условий движения транспорта показал, что наиболее загруженными участками УДС являются кольцевые пересечения основных магистралей, а также объекты со светофорным регулированием расположенные на пересечении основных улиц и дорог общегородского значения в период пиковых нагрузок. В пиковые периоды пропускная способность данных пересечений превышает 100%, что способствует большому числу транспортных заторов.

На УДС г. Оренбург расположено 176 светофорных объектов, которые функционирует по жестко-календарному плану регулирования и не способны адаптироваться под изменение транспортного спроса в часы пиковой нагрузки ввиду быстрого развития территорий, увеличения уровня автомобилизации и прочих факторов, способствующих увеличению числа перемещения на автомобильном транспорте.

Тем самым данные светофорные объекты нуждаются в своевременной оптимизации программ регулирования для пиковых периодов для обеспечения приемлемых условий движения согласно транспортному спросу.

В настоящий момент большее число светофорных объектов не обеспечивают оптимальные условия движения транспорта с учетом текущего

транспортного спроса. Данные объекты нуждаются как в оптимизации светофорного регулирования за счет изменения длительности фаз и цикла регулирования, так и в оптимизации пофазного движения и изменении геометрических параметров перекрестка с организации дополнительных полос движения.

Наиболее выраженными проблемными участками и пересечениями являются:

1. ул. Шевченко - ул. Пролетарская;
2. пр. Победы - ул. Шевченко;
3. ул. Шевченко - ул. Терешковой (путепровод);
4. ул. Чкалова - ул. Уральская;
5. пр. Гагарина - ул. 60 лет Октября;
6. Загородное шоссе - ул. 16 Линия;
7. ул. Терешковой - ул. Орская;
8. ул. Цвиллинга - ул. Невельская;
9. Нежинское шоссе - ул. Ветеранов труда - ул. Ростошинская;
10. ул. Рыбаковская - пр. Победы.

На данных пересечениях систематично отмечаются транспортные заторовые ситуации как в утренние (рис. 24), так и вечерние пиковые периоды (рис. 25), а длина очереди может достигать от полукилометра и более. Основными проблемами данных пересечений являются – исчерпанная пропускная способность, не оптимизированная схема пофазного движения в цикле регулирования, не оптимизированный цикл светофорного регулирования.

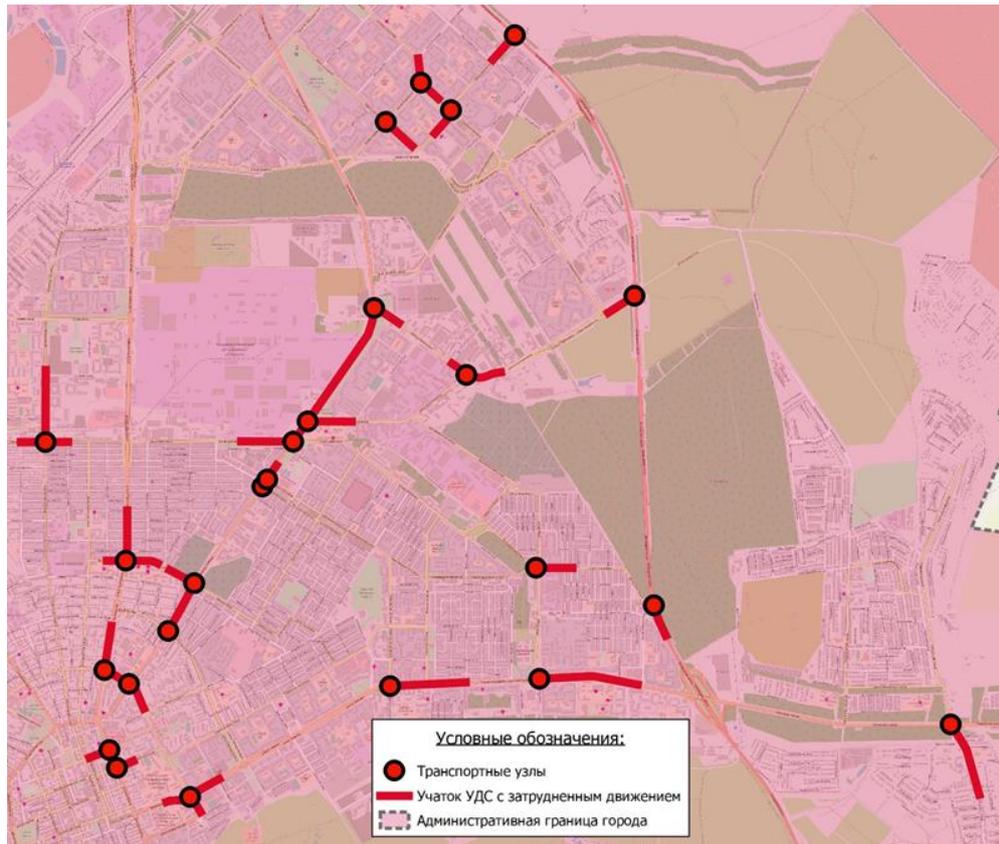


Рис. 24 – Наиболее загруженные участки УДС г. Оренбург (утренний «час пик»)

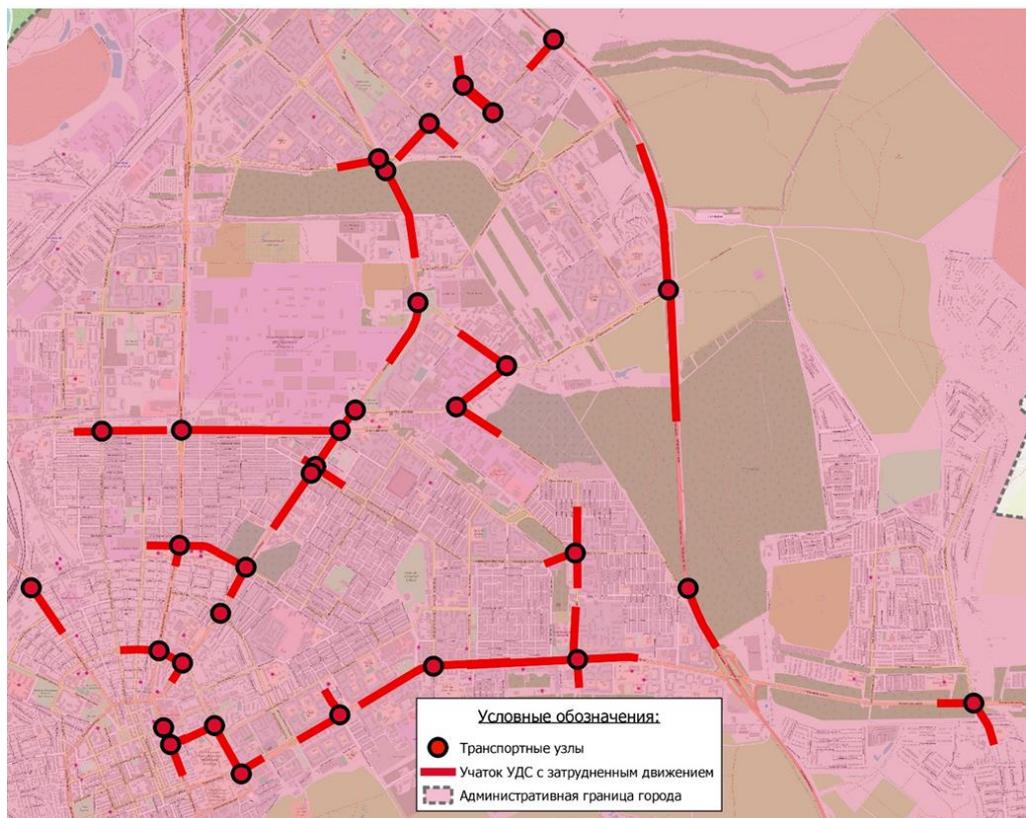


Рис. 25 – Наиболее загруженные участки УДС г. Оренбург (вечерний «час пик»)

При определении участков опорной улично-дорожной сети, требующих проведения мероприятий по повышению уровня обслуживания дорожного движения, анализировались данные по безопасности дорожного движения.

В 2017 году в Оренбурге было зафиксировано 921 дорожно-транспортное происшествие (далее ДТП). Общее число человек пострадавших в ДТП было равным 1165, из них 1129 – раненых, 36 – погибших. Основными видами ДТП являлись столкновения транспортных средств (53 % случаев ДТП), наезд транспортного средства на пешехода (32 % случаев ДТП).

Местами концентрации ДТП в границах города Оренбурга за 2015 – 2018 гг. являются:

- ул. Терешковой – ул. Хабаровская – ул. Березка;
- ул. Березка – ул. Театральная – проспект Победы – ул. Родимцева;
- проспект Победы – ул. Шевченко;
- проспект Победы – ул. Орская;
- проспект Победы – ул. Степана Разина;
- проспект Победы – ул. Рыбаковская – ул. Маршала Жукова;
- ул. Комсомольская – ул. Рыбаковская;
- ул. Цвиллинга – ул. Рыбаковская;
- ул. Пролетарская – ул. Шевченко;
- ул. Терешковой – ул. Орская;
- ул. Чичерина – ул. Казаковская;
- ул. Чкалова – ул. Уральская;
- проспект Гагарина – ул. Луговая;
- 85-я линия – Промысловый проезд;
- Шарлыкское шоссе (ул. Гражданская, 36).

Схема с дислокацией очагов аварийности по наибольшему числу ДТП за период с 2015 года по август 2018 года показана на рис. 26.

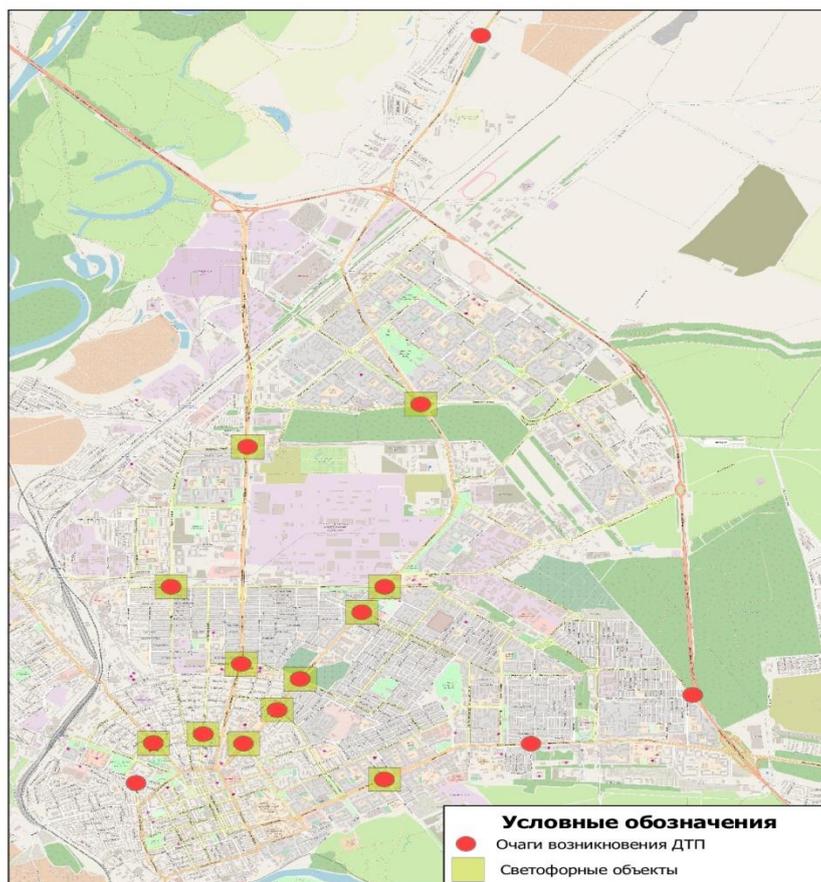


Рис. 26 – Дислокация очагов аварийности за период с 2015 года до августа 2018 года

Сопоставив данные по скоростному режиму движения транспортных средств, данные по оценке уровня обслуживания дорожного движения и анализ очагов аварийности, были выявлены «узкие» места на опорной улично-дорожной сети г. Оренбург, для которых целесообразно подготовить мероприятия по повышению уровня обслуживания дорожного движения с учетом имеющихся факторов и ограничений по их выбору. Это 10 наиболее проблемных участков на опорной улично-дорожной сети (рис. 27):

- пр. Гагарина – ул. 60 лет Октября (1);
- ул. Чкалова – ул. Уральская (2);
- Нежинское шоссе – ул. Ветеранов труда – ул. Ростошинская (3);
- Загородное шоссе – ул. 16 Линия – Промысловый пр-д (4);
- ул. Цвиллинга – ул. Невельская (5);
- ул. Терешковой – ул. Орская (6);

- проспект Победы – ул. Шевченко (7);
- ул. Терешковой – ул. Шевченко (путепровод) (8);
- ул. Пролетарская – ул. Шевченко (9);
- проспект Победы – ул. Рыбаковская – ул. Маршала Жукова (10).

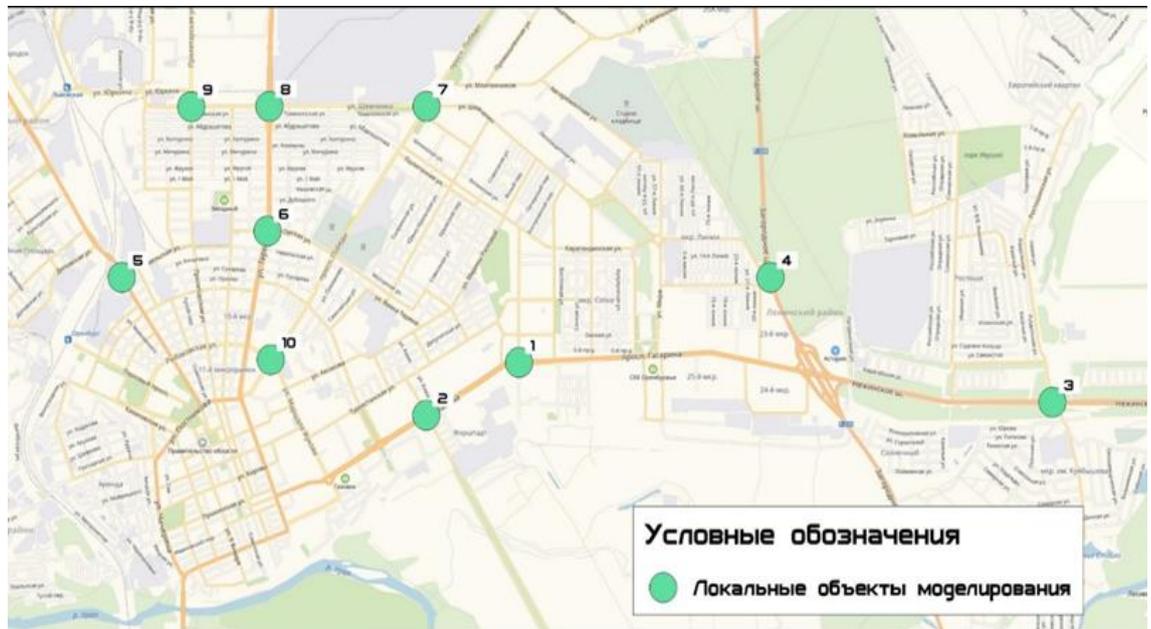


Рис. 27 – Перечень транспортных узлов на улично-дорожной сети г. Оренбург для оптимизации ОДД в рамках Методики

4.2. Оценка изменения условий движения автомобильного транспорта по результатам применения методики повышения уровня обслуживания дорожного движения в городских условиях

По результатам применения методики повышения уровня обслуживания дорожного движения в городских условиях были получены данные, свидетельствующие об эффекте, который достигается от применения локальных планировочных мероприятий, изменения организации и управления дорожным движением.

Исходя из анализа условий движения, оценки уровня обслуживания дорожного движения и безопасности дорожного движения на опорной улично-дорожной сети взяты 10 наиболее проблемных транспортных узлов, перечень которых приведен в разделе 4.1. диссертации.

Для оценки существующих условий движения, а также для разработки предложений по оптимизации режимов регулирования и организации дорожного движения были получены следующие данные (на примере транспортного узла «проспект Победы – ул. Рыбаковская – ул. Маршала Жукова» - четырех сторонний, сложносоставной перекресток со светофорным регулированием, состоящий из трех частей):

- схема пофазного движения на светофорном объекте - организована по средствам четырех фаз регулирования (рис. 28);
- режим светофорного регулирования – данный светофорный объект имеет одну программу светофорного регулирования (рис. 29);
- данные по интенсивности движения транспорта в пиковые периоды будних дней (утренний, дневной и вечерний час пик). Результат замеров представлен в приложениях 7-9.

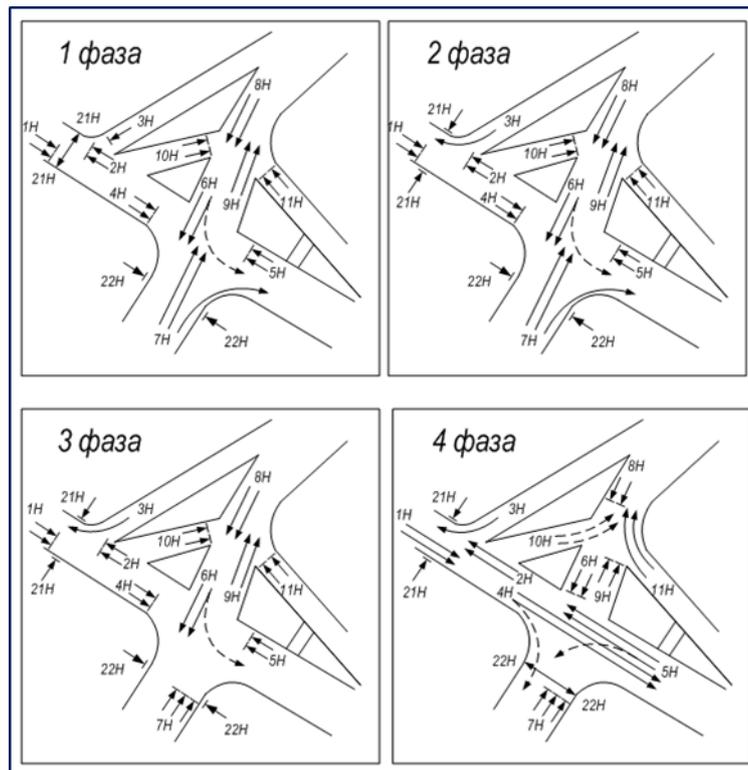


Рис. 28 – Принципиальная схема пофазного движения

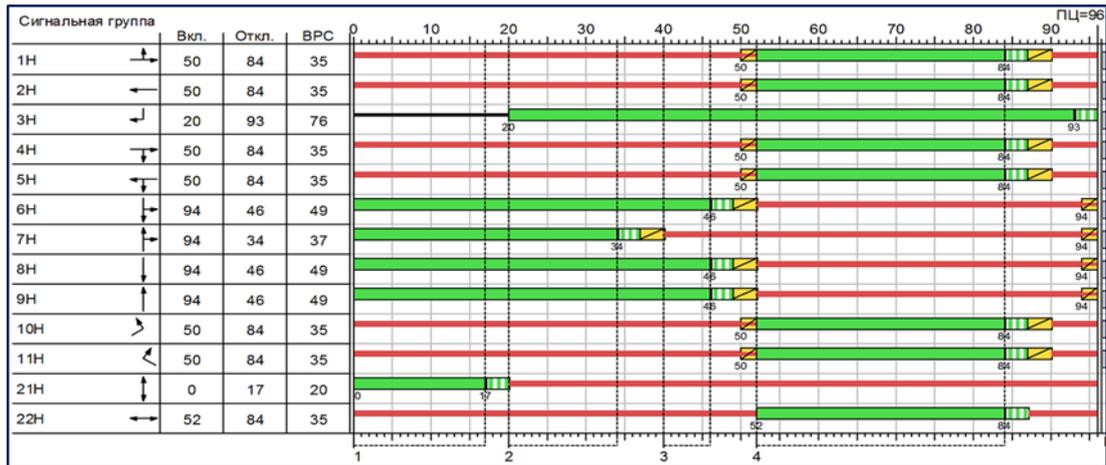


Рис. 29 – Режим светофорного регулирования

В границах данного объекта, схема движения транспорта и пешеходов организована как с применением светофорного регулирования, так и без него, что серьёзно сказывается как на безопасности движения, так и на пропускной способности транспортного узла. Так можно отметить нерегулируемый пешеходный переход через проезжую часть на ул. М. Жукова при этом транспортные направления на данном перекрестке, проходящие по данной улице, организованы по средствам светофорного регулирования. Вместе с этим левый поворот с Рыбаковской ул. на пр. Победы организован с применением движения транспорта на «просачивание» как на самой Рыбаковской ул., так и в месте непосредственного поворота налево на пр. Победы, где данный левый поворот предусматривает движение преимущественно одновременно с правоповоротным движением с ул. М. Жукова, ввиду чего данное лево поворотное движение выполняется по правилам «помеха с права». Также было отмечено, что в границах рассматриваемого объекта на северо-восточной части перекрестка проезжая часть имеет эффект «бутылочного горлышка» ввиду нерациональной планировки полос движения, в виду этого движение транспорта по пр. Победы на данном участке сужается до одной полосы движения, что в свою очередь негативно сказывается на пропускной способности. Существующая схема

организации дорожного движения в масштабе 1:1000 представлена в приложении 10.

Результаты определения и оценки существующих условий движения транспорта на данном объекте показаны на рис. 30 (на примере утреннего часа пик).

Въезд	Lane no.	Символ	СГ	ВРС [с]	Загруженность [Veh/h]	SF [Veh/h]	C [Veh/h]	СН	N _{EG} [ТС]	N _{EG} [м]	N _{ST} [ТС]	пс	P [%]	N _{ER} [ТС]	N _{ER} [м]	Время ожидания [с]	СКД
1	1	↓	6Н	49	913	1909	974	0,94	7	42	24	1	90,0	25	150	46,49	С
	3	↓	6Н	49	379	1782	420	0,90	3	18	10	1	90,0	12	72	63,01	Д
2	1	←	5Н	35	753	1980	722	1,04	25	150	20	2	90,0	46	276	155,40	Ф
	3	←	5Н	35	314	1782	252	1,25	31	186	8	6	90,0	45	270	485,81	Ф
3	4	↑	7Н	37	218	1555	599	0,36	0	0	4	0	90,0	6	36	21,09	В
	3	↑	7Н	37	221	1564	603	0,37	0	0	4	0	90,0	6	36	21,11	В
4	1	→	4Н	35	370	1769	645	0,57	0	0	8	0	90,0	10	60	24,51	В
	3	→	4Н	35	315	1506	549	0,57	0	0	7	0	90,0	9	54	24,93	В
5	1	←	2Н	35	377	1800	656	0,57	0	0	8	0	90,0	10	60	24,51	В
	3	←	2Н	35	376	1800	656	0,57	0	0	8	0	90,0	10	60	24,50	В
6	3	↑	1Н	35	484	1620	227	2,13	129	774	13	23	90,0	153	918	2088,50	Ф
	1	→	1Н	35	571	1623	592	0,96	8	48	15	1	90,0	23	138	77,89	Е
7	1	↘	3Н	76	265	1300	1029	0,26	0	0	2	0	90,0	3	18	2,62	А
	1	↗	11Н	35	61	1800	656	0,09	0	0	1	0	90,0	2	12	20,07	В
8	3	↑	11Н	35	60	1800	656	0,09	0	0	1	0	90,0	2	12	20,06	В
	3	↘	10Н	35	173	1800	372	0,47	0	0	4	0	90,0	5	30	33,42	В
9	1	↘	10Н	35	175	1800	372	0,47	0	0	4	0	90,0	5	30	33,46	В
	1	↓	8Н	49	647	1757	897	0,72	1	6	14	0	90,0	13	78	21,26	В
10	3	↓	8Н	49	645	1757	897	0,72	1	6	14	0	90,0	13	78	21,14	В
	3	↑	9Н	49	218	1431	730	0,30	0	0	3	0	90,0	5	30	13,57	А
11	1	↑	9Н	49	221	1439	734	0,30	0	0	3	0	90,0	5	30	13,59	А
	Total for intersection:					7778		13925									
Среднее значение:								0,80								190,84	
				ПЦ = 96 сек. Т = 3600 с													

СГ – сигнальная группа (номер направления)
ВРС – время разрешающего сигнала (с.);
Загруженность – интенсивность движения по полосе (авт./ч.);
SF – поток насыщения (авт./ч.);
C – пропускная способность (авт./ч.);
СН – уровень загрузки (в долях);
N_{EG} – среднее количество ТС в конце разрешающего сигнала (авт.);
N_{EG} – средняя длина очереди в конце разрешающего сигнала (м.);
N_{ST} – количество останавливающихся ТС за цикл (авт.);
пс – максимальное количество циклов для преодоления перекрестка
P – вероятность (процент);
N_{ER} – количество ТС в конце запрещающего сигнала (авт.);
N_{ER} – длина затора в конце запрещающего сигнала (м.);
Время ожидания – среднее время ожидания проезда перекрестка (с.);
СКД – уровень обслуживания (LOS).

Рис. 30 – Оценка условий движения в утренний час «пик»

Согласно полученной оценке по условию движения на данном объекте проблемными являются направления №1, №5 и №6 в утренний период, направления №1, №4 и №10 в дневной период, направления №1 в вечерний период. Загрузка на данных направлениях составляет 92 % и более, достигая значения в 276 % (2,76 в долях) в дневной период для направления №1.

Анализ организации дорожного движения на данном перекрестке показал, что для обеспечения оптимальных условий движения на данном объекте с учетом текущего транспортного спроса необходимо выполнить следующие мероприятия:

- оптимизация количества составных частей сложносоставного объекта с трех до двух;
- смещение регулируемого пешеходного перехода через проезжую часть на Рыбаковской ул. к пр. Победы;

- перепланировка северной и северо-западной стороны перекрестка для обеспечения локального уширения на Рыбаковской ул. при подходе к рассматриваемому объекту, а также аннулирования эффекта бутылочного горлышка на северной части пр. Победы;

- изменение схемы движения транспорта на ул. М. Жукова при подходе к перекрестку с организацией разделения транспортных потоков на две части
 - для движения прямого и правоповоротного движения на северной части,
 - левоповоротного движения на южной части существующего островка безопасности;

- смещение нерегулируемого пешеходного перехода через проезжую часть ул. М.Жукова юго-восточнее от рассматриваемого перекрестка;

- организация четырех полос движения (2+2) на ул. Маршала Жукова от предлагаемого размещения нерегулируемого пешеходного перехода до рассматриваемого перекрестка для обеспечения буферной зоны слияния и разветвления транспортных потоков исключая возможность накопления транспортной очереди от рассматриваемого перекрестка к месту сужения проезжей части со схемой движения транспорта 1+1 полоса, что позволит исключить снижение скорости на перекрестке в направлении с ул. Рыбаковской на ул. М. Жукова;

- организация трех полос движения на северной части островка безопасности по ул. М. Жукова;

- организация одной полосы движения на южной части островка безопасности по ул. М. Жукова с шириной проезжей части 5,5 м;

- организация трех полос движения на северном подходе к перекрестку по. Пр. Победы, а также две полосы движения на выходе с него;

- организация нерегулируемого пешеходного перехода через местный выезд с территории расположенной в северо-восточной части рассматриваемого района на ул. М. Жукова;

- организация конструктивно выделенных островков безопасности на пр. Победы, ул. М. Жукова и Рыбаковской ул. с целью разделения встречных

направлений движения транспорта, где число полос встречного и попутного направления различны, а также для обеспечения безопасности движения пешеходов;

- оптимизация тротуарного пространства для обеспечения движения пешеходов в створе предлагаемых регулируемых и не регулируемых пешеходных переходов через проезжую часть;

- организация пешеходных ограждений для исключения выхода пешеходов на проезжую часть в не установленном правилами дорожного движения месте;

- оптимизация схемы пофазного движения согласно предлагаемой перепланировки транспортного узла (рис. 31);

- оптимизация времени разгрузки конфликтных направлений (промежуточный такт) для обеспечения безопасного движения транспорта в процессе светофорного регулирования;

- оптимизация режима регулирования для обеспечения приемлемых условий движения для утреннего, дневного и вечернего пикового периода.

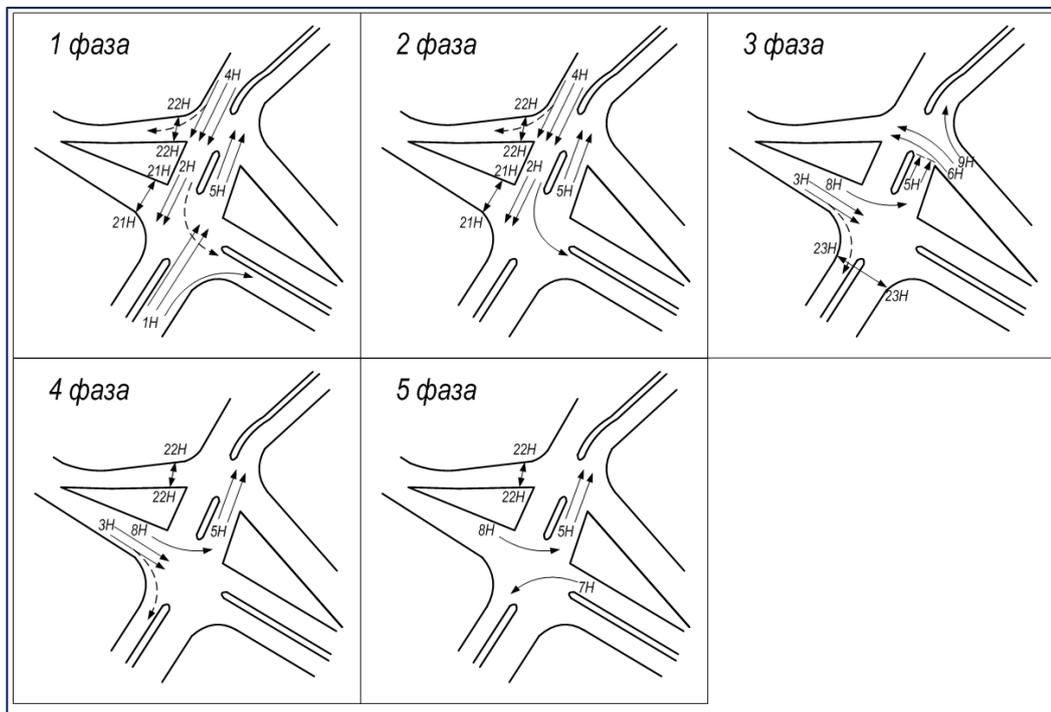


Рис. 31 – Оптимизированное пофазное движение

Характеристика условий движения после оптимизации показана на рис. 32 (на примере утреннего часа пик).

Выезд	Lane no.	Символ	СГ	ВРС	Загруженность (veh/h)	SP (veh/h)	C (veh/h)	СН	N _{EG} [ТС]	N _{EG} [м]	N _{EG} [ТС]	nc	P [%]	N _{EG} [ТС]	N _{EG} [м]	Время ожидания (с)	СКД
1	1	↖	9H	58	348	1620	940	0,37	0	0	3	0	90,0	7	42	11,23	A
	2	↘	9H	35	400	1773	621	0,64	0	0	9	0	90,0	11	66	27,28	B
	3	↗	9H	35	307	1588	428	0,72	1	6	8	0	90,0	10	60	40,32	C
2	3	↖	2H	34	516	1744	593	0,87	2	12	14	1	90,0	17	102	45,97	C
	2	↘	2H	34	513	1744	593	0,87	2	12	14	1	90,0	17	102	45,57	C
3	1	↖	2H	24	263	1800	300	0,88	3	18	7	1	90,0	12	72	75,91	E
	1	↘	2H	23	218	1555	358	0,61	0	0	5	0	90,0	8	48	34,48	B
	2	↗	2H	23	221	1564	360	0,61	0	0	6	0	90,0	8	48	34,52	B
4	3	↖	2H	23	22	1800	414	0,05	0	0	0	0	90,0	1	6	30,01	B
	4	↘	2H	18	314	2430	437	0,72	1	8	8	0	90,0	12	72	45,70	C
5	3	↖	4H	33	501	1769	584	0,86	2	12	14	1	90,0	17	102	45,85	C
	2	↘	4H	33	497	1757	580	0,86	2	12	14	1	90,0	16	96	45,89	C
	1	↗	4H	33	497	1757	580	0,86	2	12	14	1	90,0	16	96	45,89	C
6	1	↖	9H	27	376	1800	486	0,77	2	12	10	0	90,0	13	78	44,80	C
	2	↘	9H	27	377	1800	486	0,78	2	12	10	0	90,0	13	78	45,00	C
	3	↗	9H	38	121	1620	618	0,20	0	0	2	0	90,0	4	24	20,77	B
7	1	↖	9H	36	392	1730	969	0,40	0	0	6	0	90,0	8	48	12,52	A
	2	↘	9H	36	395	1730	969	0,41	0	0	6	0	90,0	8	48	12,54	A
Total for intersection:					6278		10314										
Среднее значение:								0,71								36,09	
ГЛ = 100 сек., T = 3600 с																	

СГ – сигнальная группа (номер направления)
ВРС – время разрешающего сигнала (с.);
Загруженность – интенсивность движения по полосе (авт./ч.);
SF – поток насыщения (авт./ч.);
C – пропускная способность (авт./ч.);
СН – уровень загрузки (в долях);
N_{EG} – среднее количество ТС в конце разрешающего сигнала (авт.);
N_{EG} – средняя длина очереди в конце разрешающего сигнала (м.);
N_{ST} – количество останавливающихся ТС за цикл (авт.);
nc – максимальное количество циклов для преодоления перекрестка
P – вероятность (процент);
N_{EG} – количество ТС в конце запрещающего сигнала (авт.);
N_{ER} – длина затора в конце запрещающего сигнала (м.);
Время ожидания – среднее время ожидания проезда перекрестка (с.);
СКД – уровень обслуживания (LOS).

Рис. 32 – Оценка условий движения в утренний час «пик» после оптимизации

Оптимизированная схема организации дорожного движения представлена в приложении 11.

Для оценки условий движения на данном перекрестке было использовано имитационное микромоделирование в период наибольшей транспортной нагрузки согласно полученным результатам замера по интенсивности движения транспорта. Полученный результат имитационного моделирования до оптимизации и после нее представлен в виде:

- «тепловые» карты с показателями скорости движения транспорта (рис. 33-34);
- характеристика по затраченному времени в пути в границах рассматриваемого района моделирования (рис. 35);
- характеристика по среднему времени задержки и скорости движения транспорта на рассматриваемом объекте в границах района моделирования.

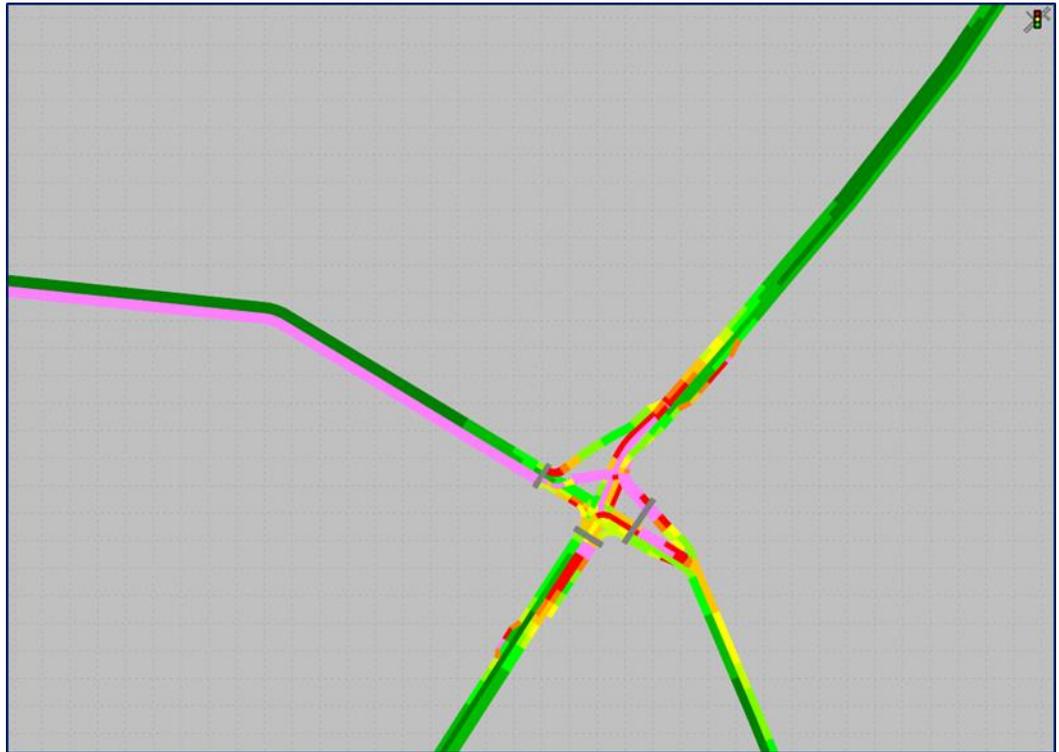


Рис. 33 – Картограмма скорости движения (существующее положение)

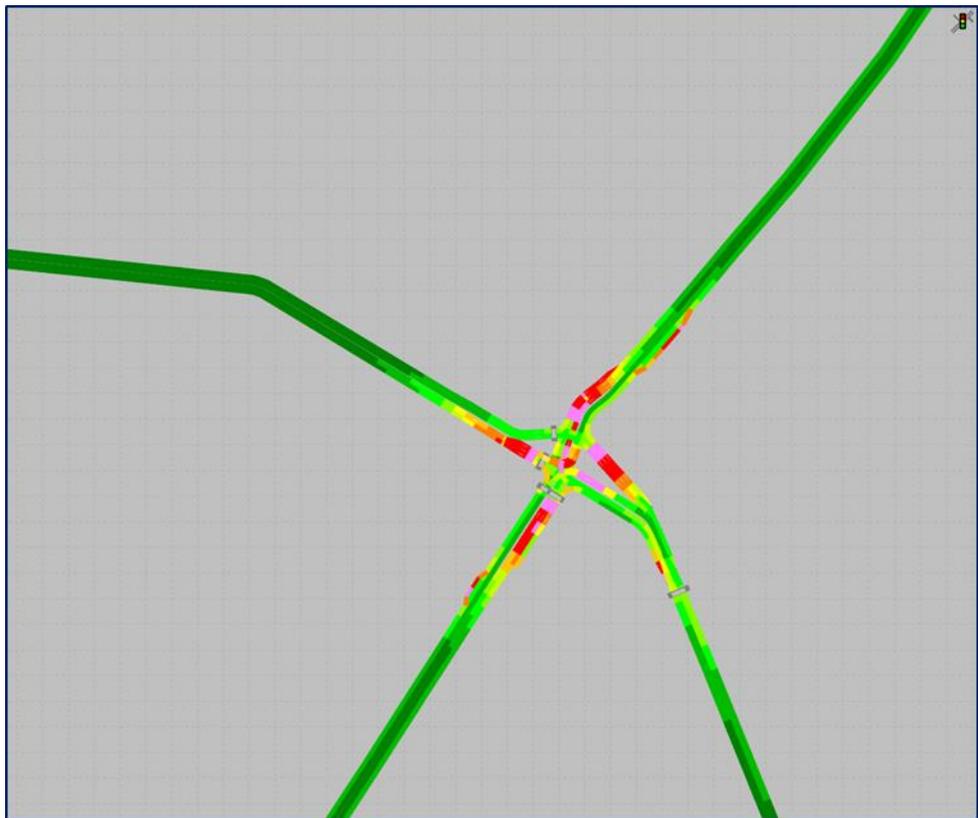


Рис. 34 – Картограмма скорости движения (после оптимизации)

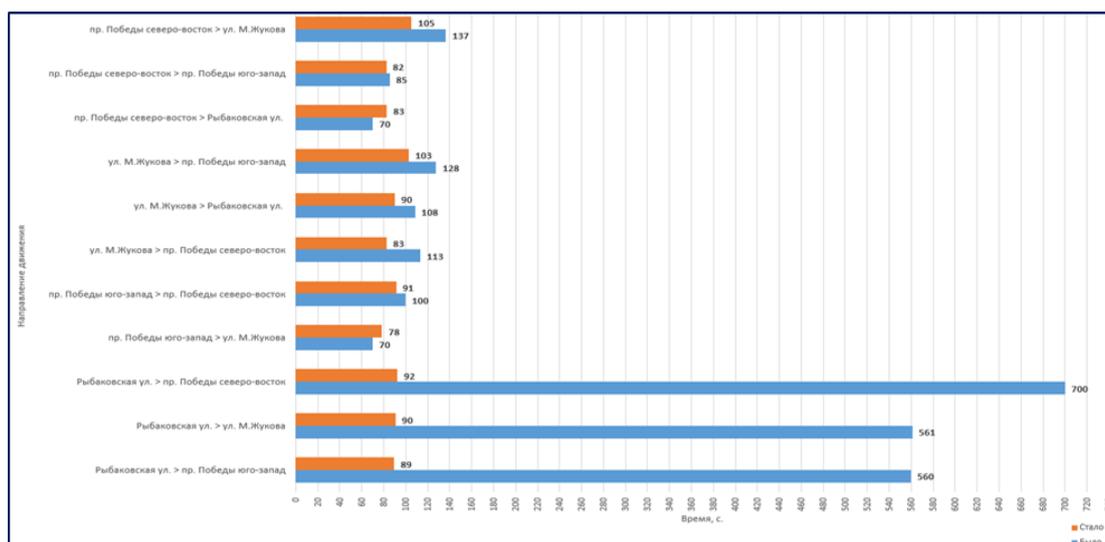


Рис. 35 – Оценка изменения времени движения транспорта в сети

Рекомендуемые предложения в границах рассматриваемого района моделирования способствовали увеличению скорости в 2,2 раза для дневного периода, что составило в среднем 33 км/ч. Среднее время задержки ТС в сети снизилось в 3,1 раза и составило в среднем 37 с. (было 115 с.).

Рекомендуемые предложения для всех 10 транспортных узлов и полученные эффекты приведены в табл. 19. Данные параметров движения транспортных потоков на участках улично-дорожной сети, на которых проводились указанные в таблице мероприятия сравнивались по таким параметрам дорожного движения, как скорость, время задержки и уровень загрузки, которые наблюдались до введения мероприятий.

Таблица 19

Эффект от применения локальных мероприятий на улично-дорожной сети г. Оренбург

№	Адрес объекта (тип объекта)	Мероприятия	Эффект					
			Средняя скорость, км/ч.		Время задержки, среднее значение, с.		Уровень загрузки, %	
			До	После	До	После	До	После
1	пр. Гагарина – ул. 60 лет Октября	Локальное увеличение количества полос для движения	15	27	111	37	75	70

	(четырёх сторонний перекресток со светофорным регулированием)	Обустройство конструктивно выделенных островков безопасности						
		Организация регулируемого пешеходного перехода						
		Ограничение движения транспорта, выезжающего с прилегающих территорий						
		Оптимизация сигнального плана						
		Организация пешеходных ограждений						
		Оптимизация длительности промежуточных тактов						
2	ул. Чкалова – ул. Уральская (Четырёх сторонний перекресток со светофорным регулированием)	Оптимизация сигнального плана						
		Оптимизация длительности промежуточных тактов						
		Организация пешеходных ограждений						
		Обустройство конструктивно выделенных островков безопасности						
		Организация выделенных разворотных мест для транспорта вне рассматриваемого перекрестка с организацией запрета разворота на рассматриваемом перекрестке	20	42	99	21	105	70
		Локальное увеличение проезжей части						
		Изменение схемы движения по полосам						
3	Нежинское шоссе – ул. Ветеранов труда – ул. Ростошинская (перекресток с кольцевым пересечением дорог совместно с применением светофорного регулирования)	Оптимизация сигнального плана						
		Локальное увеличение количества полос для движения						
		Оптимизация длительности промежуточных тактов	21	41	67	17	74	64
		Обустройство конструктивно выделенных островков безопасности						

		<p>Организация переходно-скоростных полос по ул. Ветеранов труда на выходе с рассматриваемого перекрестка</p> <p>Запрет левого поворота с ул. Ростошинской в сторону п. Пригородный и по Нежинскому шоссе в направлении от п. Пригородный</p> <p>Локальное увеличение проезжей части</p>							
4	<p>Загородное шоссе – ул. 16 Линия – Промысловый пр-д</p> <p>(нерегулируемый «Т» образный перекресток, расположенный в непосредственной близости от второго, который также является не регулируемым и имеет классическую 4-х стороннюю конфигурацию)</p>	<p>Организация разворотной петли с обеспечением переходно-скоростных полос для транспорта движущегося по Загородному ш. в направлении от пр. Гагарина в сторону ул. 16-я Линия.</p>	24	56	81	4	-	-	
5	<p>ул. Цвиллинга – ул. Невельская</p> <p>(«Т» образный перекресток со светофорным регулированием)</p>	<p>Оптимизация сигнального плана</p> <p>Локальное увеличение количества полос для движения</p> <p>Организация регулируемого пешеходного перехода</p> <p>Оптимизация длительности промежуточных тактов</p> <p>Обустройство конструктивно выделенных островков безопасности</p> <p>Запрет разворота на северной стороне перекрестка</p>	16	30	110	39	99	70,6	
6	<p>ул. Терешковой – ул. Орская</p> <p>(четырёх сторонний)</p>	<p>Оптимизация сигнального плана</p> <p>Локальное увеличение количества полос для движения</p>	-	-	81	29	88	68	

	перекресток со светофорным регулированием)	Оптимизация длительности промежуточных тактов						
		Обустройство конструктивно выделенных островков безопасности						
		Организация регулируемого пешеходного перехода						
		Локальное увеличение проезжей части						
		Организация разворотного места						
7	Пр. Победы – ул. Шевченко (четырёх сторонний перекресток со светофорным регулированием)	Оптимизация сигнального плана	13	38	195	33	111	66
		Локальное увеличение количества полос для движения						
		Оптимизация длительности промежуточных тактов						
		Обустройство конструктивно выделенных островков безопасности						
		Организация пешеходных ограждений						
		Перепланировка перекрестка с аннулированием выделенных правых поворотов						
		Локальное увеличение проезжей части						
		Изменение схемы движения по полосам						
		Запрет левого поворота						
8	ул. Терешковой – ул. Шевченко (путепровод) (пересечение проезжей части в разных уровнях с транспортными «рукавами», расположенными на западной и восточной стороне транспортного узла)	Организация выделенной полосы для движения общественного транспорта	52	57	6	3	-	-
		Организация велосипедной дорожки по ул. Терешковой						
		Введение двухстороннего движения в транспортных рукавах						
9	ул. Пролетарская – ул. Шевченко	Оптимизация сигнального плана	-	-	42	25	78	65

	(Четырех сторонний перекресток со светофорным регулированием)	Локальное увеличение количества полос для движения						
		Оптимизация длительности промежуточных тактов						
		Обустройство конструктивно выделенных островков безопасности						
		Организация пешеходных ограждений						
10	Пр. Победы – ул. Рыбаковская – ул. Маршала Жукова (четырех сторонний, сложносоставной перекресток со светофорным регулированием, состоящий из трех частей)	Оптимизация сигнального плана	15	33	115	37	75	66
		Оптимизация траектории движения						
		Смещение регулируемого пешеходного перехода						
		Оптимизация длительности промежуточных тактов						
		Организация пешеходных ограждений						
		Обустройство конструктивно выделенных островков безопасности						

Методика повышения уровня обслуживания дорожного движения прошла апробацию также при разработке КСОДД города Челябинск. Данные Челябинск – город в азиатской части Российской Федерации, численность населения составляет 1,2 млн. человек (2018 г.).

Для получения эффекта на одном из участков улично-дорожной сети г. Челябинск были проведены следующие мероприятия:

1. На регулируемом перекрестке со светофорным объектом:
 - оптимизация сигнального плана;
 - оптимизация длительности промежуточных тактов;
 - обустройство дополнительных стоп-линий;
 - обустройство конструктивно выделенных островков безопасности.
2. На нерегулируемом пешеходном переходе:
 - обустройство светофорного объекта;
 - разработка сигнального плана;

- обустройство конструктивно выделенных островков безопасности.

3. На регулируемом пешеходном переходе:

- увеличение числа полос с 4 до 6 полос (3+3);
- оптимизация сигнального плана;
- оптимизация длительности промежуточных тактов;
- обустройство конструктивно выделенных островков безопасности.

Полученные эффекты были сведены в таблицы – данные по утреннему час-пик (Приложение 12) и данные по вечернему час-пик (Приложение 13).

Полученные данные по двум городам свидетельствуют о значительном улучшении параметров дорожного движения. Скорость движения увеличилась на 37-40 %, время задержки сократилось более, чем в два раза, уровень загрузки снизился на 15-30 %. Положительный эффект от применения локальных мероприятий и мероприятий по изменению организации и управления дорожным движением очевиден.

В Комплексной схеме организации дорожного движения (КСОДД) разрабатываются решения по организации дорожного движения для всех категорий участников движения, с возможностью проработки отдельных решений для каждой из них.

Что требует прогнозирования на расчетный срок в составе модели:

- перспективной интенсивности движения всех категорий его участников (легковые автомобили, маршрутный пассажирский транспорт общего пользования, грузовые автомобили, велосипедисты, пешеходы) с учетом принятых вариантов мероприятий по организации движения и светофорному регулированию;
- определения параметров, характеризующих условия движения (время поездки, уровень загрузки, скорость сообщения, скорость движения и т.д.);
- определения параметров, позволяющих рассчитать негативное воздействие транспорта на окружающую среду [34].

Для оценки применения локальных мероприятий была проанализирована Комплексная схема организации дорожного движения

Санкт-Петербурга (КСОДД СПб), которая включает в себя предложения по оптимизации дорожного движения в 65 наиболее проблемных транспортных узлах города. Эффективность предложенных в КСОДД СПб мероприятий приведена в Приложении 14 [111]. Эффект от предложенных мероприятий просчитывался на основе применения имитационного моделирования.

Полученные в ходе апробации Методики данные позволяют сделать выводы о ее практической значимости в достижении целей повышения качества функционирования транспортных систем городов.

Методика повышения уровня обслуживания дорожного движения внедрена в практику транспортного планирования компанией *Simetra* (A+S ТРАНСПРОЕКТ) при разработке комплексных схем организации дорожного движения, о чем составлен акт внедрения, представленный в приложении 15.

Результаты исследований используются в учебном процессе Санкт-Петербургского государственного Архитектурно-строительного университета при подготовке бакалавров по направлению подготовки «Технология транспортных процессов», о чем свидетельствует справка о внедрении, представленная в приложении 16.

4.3. Экономическая эффективность от использования предложенной методики повышения уровня обслуживания дорожного движения в городских условиях

Экономическая эффективность, определяемая для данной работы связана с мероприятиями по совершенствованию функционирования ТП и территориально имеет приложение к выбранному фрагменту центрального планировочного района на УДС г. Оренбург (по сравнению с ситуацией до внедрения проекта).

Определим затраты времени ТС на регулируемых перекрестках:

- пр. Гагарина – ул. 60 лет Октября;
- ул. Чкалова – ул. Уральская;
- ул. Цвиллинга – ул. Невельская;

- ул. Терешковой – ул. Орская;
- проспект Победы – ул. Рыбаковская – ул. Маршала Жукова.

Затраты времени транспортных средств на регулируемых перекрестках за год (14):

$$T_{\text{тр.р}} = \frac{365 (N_{\text{гл}} + N_{\text{вт}}) t_0 24 k_{\text{н}}}{3600}, \text{ ч} \quad (14)$$

где $N_{\text{гл}}$ – интенсивность движения по главной улице в час пик, авт/ч;

$N_{\text{вт}}$ – интенсивность движения по второстепенной улице в час пик, авт/ч;

t_0 – средняя задержка (определена экспериментальным путем), с.

$k_{\text{н}}$ – коэффициент неравномерности распределения интенсивности за сутки, ($k_{\text{н}} = 0,35$)

Средняя стоимость одного автомобиля в час (15):

$$S_{a-\text{ч}}^{\text{ср}} = S_{a-\text{ч}}^{\text{гр}} \cdot d_{\text{гр}} + S_{a-\text{ч}}^{\text{л}} \cdot d_{\text{л}} + S_{a-\text{ч}}^{\text{а}} \cdot d_{\text{а}}, \text{ руб.} \quad (15)$$

где $S_{a-\text{ч}}^{\text{гр}}$ – стоимость 1 авт-ч для грузового автомобиля – 465,8 руб.;

$S_{a-\text{ч}}^{\text{л}}$ – стоимость 1 авт-ч для легкового автомобиля – 185,4 руб.;

$S_{a-\text{ч}}^{\text{а}}$ – стоимость 1 авт-ч автобуса – 763,9 руб.;

d_i – доля автомобилей определенного типа в транспортном потоке.

Сумма потерь от простоев в год на регулируемом перекрестке (16):

$$C_{\text{пр}} = \sum_{i=1}^n T_{\text{тр}} \cdot S_{a-\text{ч}}^{\text{ср}}, \text{ руб.} \quad (16)$$

где $T_{\text{тр}}$ – годовые затраты времени всего потока автомобилей при определенном способе ОДД, авт-ч;

n – число типов подвижного состава, принятых к рассмотрению;

$S_{a-\text{ч}}^{\text{ср}}$ – средняя стоимость одного автомобиля, руб.

В табл. 20 приведена средневзвешенная величина задержки на рассматриваемых перекрестках и значения интенсивности движения по главной и второстепенной улицам в час-пик.

Таблица 20

Средневзвешенная задержка и интенсивность движения на перекрестках

Регулируемый перекресток по адресу	Средняя величина задержки, с	Интенсивность движения в час-пик, авт/ч	
	до / после внедрения	По главной улице до/ после внедрения	По второстепенной улице до/ после внедрения
пр. Гагарина – ул. 60 лет Октября	111 / 37	2178 / 2243	464 / 478
ул. Чкалова – ул. Уральская	99 / 21	2397 / 2876	643 / 771
ул. Цвиллинга – ул. Невельская	110 / 39	1528 / 1757	371 / 426
ул. Терешковой – ул. Орская	81 / 29	1804 / 2002	779 / 864
проспект Победы – ул. Рыбаковская – ул. Маршала Жукова	115 / 37	1121 / 1171	1009 / 1054

Сумма задержек за год на перекрестке пр. Гагарина – ул. 60 лет Октября составляет:

до внедрения

$$T_{\text{тр.р}} = \frac{365 \cdot 111 (2178+464)24 \cdot 0,35}{3600} = 249\,761,5 \text{ ч}$$

после внедрения

$$T_{\text{тр.р}} = \frac{365 \cdot 37 (2243+478)24 \cdot 0,35}{3600} = 85\,743,2 \text{ ч}$$

Сумма задержек за год на перекрестке ул. Чкалова – ул. Уральская:

до внедрения

$$T_{\text{тр.р}} = \frac{365 \cdot 99 (2397+643)24 \cdot 0,35}{3600} = 256\,317,6 \text{ ч}$$

после внедрения

$$T_{\text{тр.р}} = \frac{365 \cdot 21 (2876+771)24 \cdot 0,35}{3600} = 65\,226,6 \text{ ч}$$

Сумма задержек за год на перекрестке ул. Цвиллинга – ул. Невельская:
до внедрения

$$T_{\text{тр.р}} = \frac{365 \cdot 110 (1528+371)24 \cdot 0,35}{3600} = 177\,904,7 \text{ ч}$$

после внедрения

$$T_{\text{тр.р}} = \frac{365 \cdot 39 (1757+426)24 \cdot 0,35}{3600} = 72\,508,3 \text{ ч}$$

Сумма задержек за год на перекрестке ул. Терешковой – ул. Орская:
до внедрения

$$T_{\text{тр.р}} = \frac{365 \cdot 81 (1804+779)24 \cdot 0,35}{3600} = 178\,188,3 \text{ ч}$$

после внедрения

$$T_{\text{тр.р}} = \frac{365 \cdot 29 (2002+864)24 \cdot 0,35}{3600} = 70\,785,4 \text{ ч}$$

Сумма задержек за год на перекрестке пр. Победы – ул. Рыбаковская –
ул. Маршала Жукова:

до внедрения

$$T_{\text{тр.р}} = \frac{365 \cdot 115 (1121+1009)24 \cdot 0,35}{3600} = 208\,615,8 \text{ ч}$$

после внедрения

$$T_{\text{тр.р}} = \frac{365 \cdot 37 (1171+1054)24 \cdot 0,35}{3600} = 70\,113,5 \text{ ч}$$

Средняя стоимость автомобиле-часа:

$$S_{\alpha-\text{ч}}^{\text{ср}} = 465,8 \cdot 0,025 + 185,4 \cdot 0,91 + 763,9 \cdot 0,065 = 230,01, \text{ руб.}$$

Сумма потерь от простое в год на перекрестке пр. Гагарина – ул. 60 лет
Октября составляет:

до внедрения

$$C_{\text{пр}} = 249\,761,5 \cdot 230,01 = 57\,448\,267,02, \text{ руб.}$$

после внедрения

$$C_{\text{пр}} = 85\,743,2 \cdot 230,01 = 19\,722\,007,8, \text{ руб.}$$

Сумма потерь от простоев в год на перекрестке ул. Чкалова – ул. Уральская:

до внедрения

$$C_{\text{пр}} = 256\,317,6 \cdot 230,01 = 58\,956\,251,97, \text{ руб.}$$

после внедрения

$$C_{\text{пр}} = 65\,226,6 \cdot 230,01 = 15\,002\,933,33, \text{ руб.}$$

Сумма потерь от простоев в год на перекрестке ул. Цвиллинга – ул. Невельская:

до внедрения

$$C_{\text{пр}} = 177\,904,7 \cdot 230,01 = 40\,920\,304,81, \text{ руб.}$$

после внедрения

$$C_{\text{пр}} = 72\,508,3 \cdot 230,01 = 16\,677\,815,35, \text{ руб.}$$

Сумма потерь от простоев в год на перекрестке ул. Терешковой – ул. Орская:

до внедрения

$$C_{\text{пр}} = 178\,188,3 \cdot 230,01 = 40\,985\,536,35, \text{ руб.}$$

после внедрения

$$C_{\text{пр}} = 70\,785,4 \cdot 230,01 = 16\,281\,526,82, \text{ руб.}$$

Сумма потерь от простоев в год на перекрестке пр. Победы – ул. Рыбаковская – ул. Маршала Жукова:

до внедрения

$$C_{\text{пр}} = 208\,615,8 \cdot 230,01 = 47\,984\,241,7, \text{ руб.}$$

после внедрения

$$C_{\text{пр}} = 70\,113,5 \cdot 230,01 = 16\,126\,981,42, \text{ руб.}$$

Экономическая эффективность достигается за счет применения методики повышения уровня обслуживания дорожного движения, которая позволяет выявлять места на опорной улично-дорожной сети, ограничивающие соответствие фактического уровня обслуживания дорожного движения требуемому для различных категорий городских улиц.

Мероприятия, направленные на повышение уровня обслуживания до требуемых значений, позволяют значительно увеличивать скорость сообщения на рассматриваемой УДС, повышать пропускную способность, снижать уровень загрузки сети и сокращать тем самым потери времени, связанные с простоем подвижного состава в процессе движения.

Результаты расчета экономической эффективности для рассматриваемых транспортных узлов приведены в табл. 21.

Таблица 21

Средневзвешенная задержка и интенсивность движения на перекрестках

Регулируемый перекресток по адресу	Величина расходов владельцев транспортных средств при прохождении участка, руб.	
	до внедрения	после внедрения
пр. Гагарина – ул. 60 лет Октября	57 448 267,02	19 722 007,8
ул. Чкалова – ул. Уральская	58 956 251,97	15 002 933,33
ул. Цвиллинга – ул. Невельская	40 920 304,81	16 677 815,35
ул. Терешковой – ул. Орская	40 985 536,35	16 281 526,82
проспект Победы – ул. Рыбаковская – ул. Маршала Жукова	47 984 241,7	16 126 981,42
Итого, руб.	246 294 601,85	83 811 264,72

Экономический эффект от рассмотренных мероприятий, направленных на повышение уровня обслуживания дорожного движения, составит 162 483 337,13 руб. Средний экономический эффект по всем мероприятиям показывает снижение затрат на 30-35%.

Выводы по главе

1. Обоснованная Методика была апробирована в рамках разработки КСОДД ряда крупных городов нашей страны и доказала свою эффективность. Основные параметры дорожного движения улучшились в среднем на 20-30 %.

Скорость движения увеличилась на 37-40 %, время задержки сократилось более, чем в два раза, уровень загрузки снизился на 15-30 %.

2. Положительный эффект от применения локальных мероприятий и мероприятий по изменению организации и управления дорожным движением в рамках Методики повышения уровня обслуживания дорожного движения очевиден.

3. Социально-экономический эффект достигается за счет снижения затрат времени на передвижение пользователей по улично-дорожной сети, в переводе в денежный эквивалент, применение Методики по повышению уровня обслуживания дорожного движения положительно сказывается на экономической составляющей транспортного процесса.

4. Развитие улично-дорожной сети крупных городов положительно влияет на экономику и население, а также является одним из наиболее существенных инфраструктурных темпов социально-экономического развития.

5. Приведение показателей эффективности транспортно-эксплуатационных характеристик дорог и развитие дорожной сети за счет повышения уровня обслуживания дорожного движения до нормативных показателей, способствует снижению количества дорожно-транспортных происшествий, повышению пропускной способности и транспортной доступности улично-дорожной сети.

ОБЩИЕ РЕЗУЛЬТАТЫ И ВЫВОДЫ

По итогам исследования получены следующие выводы и результаты:

1. Проведенный анализ теоретических и научно-практических подходов к оценке условий движения автомобильного транспорта, уровню обслуживания дорожного движения и способам его повышения в городах, подтвердил своевременность поставленных целей и задач исследования, правомерность и значимость предложенных методов.

2. Выявлены и систематизированы факторы, влияющие на соответствие категории городской улицы назначенному уровню обслуживания. Предложена классификация, позволяющая учитывать весь комплекс факторов, влияющих на условия движения и помогающая выработке решений по минимизации их негативного влияния на эффективность функционирования автомобильного транспорта.

3. Разработан алгоритм формирования опорной улично-дорожной сети, основанный на критериях, характеризующих совершаемые по УДС корреспонденции и интенсивности движения рассматриваемых улиц крупного города, что позволяет формировать реальную опорную улично-дорожную сеть с целью дальнейшего повышения ее функциональных качеств.

4. Предложены научно-практические рекомендации по выбору типов мероприятий, позволяющих повысить пропускную способность элементов УДС, скорость сообщения и уровень обслуживания дорожного движения с учетом фактических ограничений функционирования улично-дорожной сети.

5. Разработана методика повышения уровня обслуживания дорожного движения в городских условиях, отличающаяся от принятых комплексным подходом к решению транспортных проблем и обеспечивающая более эффективную и безопасную работу автомобильного транспорта. Обоснована эффективность применения данной Методики.

6. Методика позволяет разрабатывать наиболее рациональные комплексы мероприятий повышения уровня обслуживания дорожного

движения и прогнозировать степень влияния мероприятий на основе практического опыта их использования, что будет способствовать решению важной задачи – повышению уровня обслуживания и качества функционирования движения автомобильного транспорта на улично-дорожной сети крупных городов.

7. Научные результаты исследования призваны стать основой методического и программно–аппаратного обеспечения при разработке программ комплексного развития транспортной инфраструктуры (ПКРТИ) и комплексных схем организации дорожного движения (КСОДД) крупных городов.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Андронов, Р. В. Моделирование очередей на регулируемых пересечениях улично-дорожной сети крупного города в условиях плотных транспортных потоков: дис. ... канд. техн. наук: 05.23.22 / Р.В. Андронов. Тюмень, 2007.
2. Андронов, Р. В. Оценка эффективности мероприятий по реконструкции и совершенствованию пересечений улично-дорожной сети с использованием программного продукта Vissim / Р.В. Андронов, А.Г. Коптяева // Организация и безопасность дорожного движения: материалы X междунар. научн.-практ. конф., посвященной 85-летию со дня рождения д.т.н., проф. Л. Г. Резника. Тюменский индустриальный университет – Тюмень, 2017. – С. 143-148.
3. Андронов, Р. В. Понятие затора и формирование очередей на регулируемом пересечении в условиях плотного транспортного потока / Р.В. Андронов, Б.П. Елькин, Д.А. Гензе // Научно-технический вестник Поволжья. – 2015. – № 1. – С. 39-41.
4. Андронов, Р. В. Расчет экономических потерь пользователей улично-дорожной сети на регулируемых пересечениях для обоснования мероприятий по реконструкции и улучшению организации движения / Р.В. Андронов // Научно-технический вестник Поволжья. – 2014. – № 4. – С. 38-40.
5. Анохин, Б. Б. Оценка условий движения при различных уровнях загрузки дорог / Б.Б. Анохин, О.П. Лаврентьева // Дороги и мосты: Сборник ст., ФГУП РосдорНИИ. Вып. 18/2 – М., 2007.
6. Афанасьев, А. С. Влияние внешних воздействующих факторов на установившееся замедление автомобиля при проведении дорожно-транспортной экспертизы / А.С. Афанасьев, Н.В. Чудакова // Известия международной академии аграрного образования. – 2017. – № 32. – С 23-27.
7. Бабичева, Т. С. Методы математического и имитационного моделирования процессов локального взаимодействия в транспортных

системах: дис. ... канд. физ-мат. наук: 05.13.18 / Т.С. Бабичева. Долгопрудный, Москва, 2015.

8. Булавина Л. В. Совершенствование автобусного сообщения в городе как средство решения транспортных проблем / Л.В. Булавина, А.Р. Мухаметгалиева // Жилищное хозяйство и коммунальная инфраструктура. – 2020. – № 2(13). – С 73-85.

9. Васильева, Н. В. К вопросу обеспечения равномерности и безопасности движения автомобильного транспорта в городской среде / Н.В. Васильева // Вестник гражданских инженеров. – 2015. – № 4(51). – С. 128–132.

10. Васильева, Н. В. Обеспечение равномерности и безопасности движения автомобильного транспорта в городских условиях / Н.В. Васильева // «Актуальные проблемы безопасности дорожного движения. Сборник докладов» СПбГАСУ. – СПб., 2015. – С. 99-103.

11. Васильева, Н. В. Оценка влияния различных факторов на условия движения автомобильного транспорта в городских условиях / Н.В. Васильева // «Актуальные проблемы безопасности дорожного движения. Сборник докладов» СПбГАСУ. – СПб., 2016. – С. 144-149.

12. Васильева Н. В. Повышение равномерности движения автомобильного транспорта в крупных мегаполисах / Н.В. Васильева // «Образование. Наука. Производство. Сборник докладов» БГТУ. – Белгород., 2015. – С. 950-953.

13. Вершинина, И. А. Городское пространство как система коммуникаций / И.А. Вершинина // Город в зеркале наук: материалы всерос. науч.-практ. конф. – СПб.: СПбГАСУ. – 2015. – С. 17–22.

14. Врубель, Ю. А. Оценка качества дорожного движения / Ю.А. Врубель, Д.В. Капский // Социально-экономические проблемы развития и функционирования транспортных систем городов и зон их влияния: материалы XXII междунар. научн.-практ. конф. – Екатеринбург, 2016. – С. 216-221.

15. Гасников, А. В. Эффективные численные методы поиска равновесий в больших транспортных сетях.: дис. д-ра физ.-мат. наук: 05.13.18 / А.В. Гасников. М., 2016. – 487 с.
16. ГОСТ 33100-2014 Межгосударственный стандарт. Дороги автомобильные общего пользования. Правила проектирования автомобильных дорог [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://docs.cntd.ru/document/1200123907>
17. Дзюба, А. П. Повышение пропускной способности регулируемых пересечений в одном уровне: дис. ... канд. техн. наук: 05.29.14 / А.П. Дзюба. Киев, 1989.
18. Димова, И. П. Повышение эффективности функционирования остановочных пунктов городского пассажирского транспорта и движения транспортных средств в зоне их влияния: автореф. дис. ... канд. техн. наук: 05.22.10 / И.П. Димова. Тюмень, 2009 – 18 с.
19. Добромиров, В. Н. Скорость как фактор влияния на безопасность дорожного движения / В.Н. Добромиров, С.С. Евтюков // Современные проблемы науки и образования. – 2013. – № 5. – С. 73.
20. Дрю, Д. Теория транспортных потоков и управление ими / Д. Дрю. – М.: Транспорт, 1972. – 424 с.
21. Дрючин, Д. А. Оценка эффективности мероприятий по совершенствованию городской улично-дорожной сети на основе результатов имитационного моделирования / Д.А. Дрючин, М.Р. Янучков // Интеллект. Инновации. Инвестиции. – 2019. – № 4. – С. 90-97.
22. Елькин, Б. П. К вопросу о транзитных транспортных потоках в городах / Б.П. Елькин, Р.В. Андронов, О.В. Иванов, П.Ю. Буйносов // Материалы международной научно-практической конференции. – 2003. – С. 95-97.
23. Жанказиев, С. В. Динамическое предоставление приоритетного проезда для средств общественного транспорта / С.В. Жанказиев, П. Пржибыл, А.В. Шадрин // Отраслевой ежемесячный научно-

производственный журнал для работников автотранспорта Автотранспортное предприятие. – М., 2011. – № 7. – с. 24-28.

24. Жанказиев, С. В. Разработка структуры ИТС с учетом параметров участка УДС / С.В. Жанказиев, А.И. Воробьев, М.З. Багапов // Научные аспекты развития транспортно-телематических систем. (сборник научных трудов) – М.: МАДИ, 2010. – с. 181-209.

25. Жанказиев, С. В. Современное представление о маршрутном ориентировании участников дорожного движения / С.В. Жанказиев, Д.Б. Ефименко, А.И. Воробьев, А.В. Багно // Информационное специализированное издание Грузоперевозки и транспорт. – М.: ЗАО «Издательство «Форвард». – 2007. – № 1 (2). – с. 61-68.

26. Живоглядов, В. Г. Методология повышения эффективности управления дорожным движением.: автореф. дис. ...д-ра. техн. наук: 05.22.10 / В.Г. Живоглядов. Санкт-Петербург, 2009. – 35 с.

27. Живоглядов, В. Г., Теория движения транспортных и пешеходных потоков / В.Г. Живоглядов // Ростов н/Д: Изд-во журн. «Изв. Вузов. Сев-Кавк. Регион», 2005. – 1082 с.

28. Закон Санкт-Петербурга «О региональных нормативах градостроительного проектирования, применяемых на территории Санкт-Петербурга» [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://rg.ru/2014/02/12/spb-proekt-normativ-reg-dok.html/>

29. Зырянов, В. В. Методы моделирования скачкообразного изменения характеристик транспортных потоков: Дис.... д-ра. техн. наук: 05.22.10 / В.В. Зырянов. М., 1992. – 34 с.

30. Интегрированная транспортная система / под ред. П.А. Чистякова. – М.: Центр экономики инфраструктуры, 2018. – 278 с.

31. Капитанов, В. Т. О факторах, определяющих дорожно-транспортную аварийность в регионах России / В.Т. Капитанов, А.Б. Чубуков, В.В. Сильянов, О.Ю. Моница // Наука и техника в дорожной отрасли. – 2019. – С. 18-23.

32. Капитонов, В. Т. Управление транспортными потоками в городах / В.Т. Капитонов, Е.Б. Хилажев. – М.: Транспорт, 1985. – 94 с.
33. Корчагин, В. А. О системной безопасности дорожного движения / В.А. Корчагин, В.Э. Клявин, А.В. Симаков, А.В. Двуреченская // Вестник липецкого государственного технического университета. – 2018. – С. 43-47.
34. Косцов, А. В. Проектирование городских магистральных улиц с учетом приоритетного движения наземного общественного транспорта по обособленным полосам: дис. ... канд. техн. наук: 05.23.11 / А.В. Косцов. М., 2012 – 190 с.
35. Кочерга, В. Г. Основы функционирования интеллектуальных транспортных систем в организации движения и перевозок.: дис. ...д-ра техн. наук: 05.22.01 / В.Г. Кочерга. М., 2001. – 335 с.
36. Кравченко, П. А. Системность, компетентность, ответственность – ключевые факторы обеспечения безопасности дорожного движения в России / П.А. Кравченко, Е.М. Олещенко // Транспорт Российской Федерации. – 2016. – С. 22-27.
37. Левашев, А. Г. Повышение эффективности организации дорожного движения на регулируемых пересечениях Автореф. ... канд. техн. наук: 05.22.10 / А.Г. Левашев. Иркутск, 2004. – 20 с.
38. Ложкин, В. Н. О чрезвычайном загрязнении воздуха тепловыми двигателями городского транспорта / В.Н. Ложкин, О.В. Ложкина, Б.В. Гавкалюк, М.А. Косолец // Сантехника, отопление, кондиционирование. – 2019. – С. 56-61.
39. Ложкина, О. В. Бортовой мониторинг удельных выбросов NO_x, выделяющихся с отработавшими газами легкового автотранспорта, на автодорогах Санкт-Петербурга / О.В. Ложкина, В.С. Марченко, В.Н. Ложкин, Д.А. Лакеев // Вестник гражданских инженеров. – 2012. – № 5(34). – С. 195–198.

40. Лосин, Л. А. Моделирование транспортных систем городов на основе досетевого расчета матриц межрайонных передвижений: дис. ... канд. техн. наук: 05.22.01 / Л.А. Лосин. СПб., 2015. - 173 с.

41. Методические рекомендации по разработке и реализации мероприятий по организации дорожного движения. Использование программных продуктов математического моделирования транспортных потоков при оценке эффективности проектных решений в сфере организации дорожного движения [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://standartgost.ru/g/pkey-14293734705>

42. Методические рекомендации по разработке и реализации мероприятий по организации дорожного движения. Организация динамической маршрутизации транспортных потоков [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://standartgost.ru/g/pkey-14293734703>

43. Методические рекомендации по разработке и реализации мероприятий по организации дорожного движения. Организация дорожного движения на регулируемых пересечениях [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://standartgost.ru/g/pkey-14293734706>

44. Михайлов, А. Ю. Научные основы проектирования улично-дорожных сетей.: Автореф. ... д-ра. техн. наук: 18.00.04 / А.Ю. Михайлов. М., 2004. – 40 с.

45. Михайлов, А. Ю. Оценка условий движения на городских улицах / А.Ю. Михайлов // Социально-экономические проблемы развития и функционирования транспортных систем городов и зон их влияния: материалы XXII междунар. научн.-практ. конф. – Екатеринбург, 2016. – С. 221-226.

46. Мордухов, М. А. Использование инструментов транспортного моделирования для прогнозирования изменений дорожно-транспортной ситуации при реконструкции улично-дорожной сети / М.А. Мордухов, М.А. Самсонов // Организация и безопасность дорожного движения: материалы X междунар. научн.-практ. конф., посвященной 85-летию со дня рождения д.т.н.,

проф. Л. Г. Резника. Тюменский индустриальный университет – Тюмень, 2017. – С. 425-429.

47. Наумова, Н. А. Метод определения задержек транспортных средств на перекрестках с учетом пешеходного движения / Н.А. Наумова // Современные наукоемкие технологии. – 2018. – С. 116-120.

48. Наумова, Н. А. Теоретические основы и методы автоматизированного управления транспортными потоками средствами мезоскопического моделирования.: автореф. дис. ...д-ра техн. наук: 05.22.10 / Н.А. Наумова. Волгоград, 2015. – 22 с.

49. Национальная концепция устойчивых городских транспортных систем – М.: Издательство «Алекс», 2013. – 192 С.

50. Нгуен Тхань Чунг Повышение безопасности движения и транспортных качеств автомобильных магистралей – подъездов к крупным городам в условиях Вьетнама: дис. ... канд. техн. наук: 05.22.08 / Тхань Чунг Нгуен. М., 2008.

51. Новиков, А. Н. Транспортно-экологические проблемы региональных центров ЦФО (на примере г. Орла) / А.Н. Новиков, В.В. Васильева // Дальний Восток: проблемы развития архитектурно-строительного комплекса. – 2019. –№1 – С. 306-310

52. Отраслевой дорожный методический документ «Методические рекомендации по оценке пропускной способности автомобильных дорог» (ОДМ 218.2.020-2012). – М.: Росавтодор, 2012. – 148 с.

53. Отраслевой дорожный методический документ «Рекомендации по обеспечению безопасности движения на автомобильных дорогах» (ОДМ 218.4.005–2010) – М.: Росавтодор, 2010. – 199 с.

54. Отраслевой дорожно-методический документ «Руководство по устранению и профилактике возникновения участков концентрации ДТП при эксплуатации автомобильных дорог» (ОДМ 218.4.004-2009) – М.: Росавтодор, 2009 – 94 с.

55. Пегин, П. А. Безопасность движения и безопасное поведение на дороге в течение жизни / П.А. Пегин // Ученые заметки ТОГУ. – 2014. – Т. 5, № 2. – С. 218-221.

56. Пегин, П. А. Новые методы борьбы с нарушителями правил дорожного движения / П.А. Пегин, С.Н. Старов // Ученые заметки ТОГУ. – 2016. – Т. 7, № 4. – С. 488-490.

57. Пегин, П. А. Повышение эффективности и безопасности эксплуатации автомобильного транспорта на основе увеличения пропускной способности автомагистралей: дис. ... докт. техн. наук: 05.22.10 / П.А. Пегин. Орел, 2011.

58. Петрович, М. Л. О понятиях улица, дорога и улично-дорожная сеть / М.Л. Петрович // Социально-экономические проблемы развития транспортных систем городов и зон их влияния: науч. материалы XIV междунар. науч. - практ. конф. — Екатеринбург: Издательство АМБ, 2008.

59. Петрович, М. Л. Развитие системы комплексного пространственного и транспортного планирования в Санкт-Петербурге / М.Л. Петрович, А.С. Баранов, Л. Ю. Истомина // Основные вопросы концепции Генерального плана Санкт-Петербурга на 2019–2043 годы. Сборник тезисов научно-практической конференции. — СПб., 2016. — С. 78–81.

60. Петрович, М. Л. Развитие транспортно-коммуникационного каркаса территорий — задача для нового поколения генеральных планов / М.Л. Петрович, А.С. Баранов, М.А. Жеблиенок и др. // Вестник. Зодчий 21 век. — 2013. — Апрель. — С. 82–85.

61. Плотников А.М. Методология обеспечения безопасности движения на регулируемых пересечениях улично-дорожных сетей мегаполисов.: автореф. дис. ...д-ра техн. наук: 05.22.10 / А.М. Плотников. Санкт-Петербург, 2016. – 35 с.

62. Полтавская, Ю. О. Обзор мероприятий по регулированию транспортных потоков на примере крупных городов мира / Ю.О. Полтавская,

А.Ф. Драгунов // Вестник Ангарской государственной технической академии. – 2012. – №5. – С. 73-78.

63. Постановление Правительства РФ от 16.11.2018 N 1379 «Об утверждении Правил определения основных параметров дорожного движения и ведения их учета» [Электронный ресурс]. Режим доступа: http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_311550/#dst100009

64. Приказ Министерства внутренних дел РФ от 18.06.1996 N 328 «О мерах по реализации постановления Правительства Российской Федерации от 29 июня 1995 г. № 647» [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://base.garant.ru/5431740/>

65. Приказ Министерства транспорта РФ от 18.04.2019 N 114 «Об утверждении Порядка мониторинга дорожного движения» [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://www.garant.ru/hotlaw/federal/1278046/>

66. Проект свода правил по проектированию геометрических элементов автомобильных дорог и транспортных пересечений. – М.: Росавтодор, 2013. – 147 с.

67. Пугачев, И. Н. Теоретические принципы и методы повышения эффективности функционирования транспортных систем городов.: автореф. дис. ... д-ра техн. наук: 05.22.01 / И.Н. Пугачев. Екатеринбург, 2010. – 39 с.

68. Рейтинг российских регионов по обеспеченности легковыми автомобилями [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://www.autostat.ru/press-releases/34032>

69. Руководство по выполнению проектов в PTV Visum. 2015. – 82 с.

70. Руководство по выполнению проектов в PTV Vissim. 2014. – 76 с.

71. Румянцев, Е. А. Совершенствование методов оценки качества организации дорожного движения с использованием автомобильных навигационных систем: автореф. дис. ... канд. техн. наук: 05.22.10 / Е.А. Румянцев. Иркутск, 2013 – 20 с.

72. Рябоконт, Ю. А. Влияние уличных парковок автотранспорта на загрузку городских магистралей / Ю.А. Рябоконт, С.М. Храпова // Вестник СибАДИ. – 2008. – № 2(8). – С. 15-18.

73. Селиверстов Я. А. О методе организации бесконфликтного непрерывного процесса движения транспорта в мегаполисе / Селиверстов Я.А., Селиверстов С.А., Стариченков А.Л. // Транспорт: наука, техника, управление. Научный информационный сборник. – 2016. – № 10. – С. 26-35

74. Сильянов В. В. Теоретические основы повышения пропускной способности автомобильных дорог. Дис. ... д-ра техн. наук. М., 1978.

75. Сильянов, В. В. Моделирование транспортного потока для оценки уровня аварийности и эффективности мероприятий по организации и безопасности дорожного движения / В.В. Сильянов, А.В. Уткин // М.: ВИНТИ, 2007.

76. Симуль, М. Г. Повышение безопасности дорожного движения в зонах пешеходных переходов на магистральных улицах: дис. ... канд. техн. наук: 05.22.10 / М.Г. Симуль. Омск, 2012 – 142 с.

77. Синергия концептов развития транспортных систем в современной урбанизации России: монография / И.Н. Пугачев, Ю.И. Куликов, А.Э. Горев, Г.Я. Маркелов, Т.Е. Кондратенко. – Хабаровск: Изд-во. «Тихоокеанский государственный университет», 2017. – 146 с.

78. Совершенствование методов оценки качества и безопасности дорожного движения: монография / И.Н. Пугачев, Н.Г. Шешера, А.В. Каменчуков. – Хабаровск: Изд-во. «Тихоокеанский государственный университет», 2018. – 160 с.

79. Солодкий, А. И. Повышение уровня обслуживания дорожного движения в крупных и средних городах России / А.И. Солодкий, Н.В. Черных // Вестник гражданских инженеров. – 2020. – №1 (78). – С. 191-197.

80. Солодкий, А. И. Повышение уровня обслуживания дорожного движения на улично-дорожной сети городов / А.И. Солодкий, Н.В. Черных // Техника и технология транспорта. – 2019. – №S13 (77). – С. 70.

81. Солодкий, А. И. Проблемы функционирования транспортной инфраструктуры крупных городов России и пути их решения (на примере Санкт-Петербурга) / А.И. Солодкий // Транспортное планирование и моделирование: сб. трудов международной научно-практической конференции. – 2016. – С. 136-145.

82. Солодкий, А. И. Проектирование экономически эффективной улично-дорожной сети городов / А.И. Солодкий // Вестник. Зодчий. 21 век. – 2013. – С. 78-81.

83. Солодкий, А. И. Транспортное моделирование в решении задач организации дорожного движения / А.И. Солодкий // Транспортное планирование и моделирование: сб. трудов II межд. научн.-практ. конф. – СПб.: СПб гос. архит.-строит. ун-т. – 2017. – С. 243-252.

84. Солодкий, А. И. Транспортные проблемы крупных городов и пути их решения (на примере Санкт-Петербурга) / А.И. Солодкий // Материалы V Международной конференции «Актуальные проблемы архитектуры и строительства». – СПб.: СПбГАСУ. – 2015. – В 2 ч. Ч 2. – С. 204–209.

85. СП 42.13330.2016. Градостроительство. Планировка и застройка городских и сельских поселений [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://docs.cntd.ru/document/456054209/>

86. СП 34.13330.2012. Автомобильные дороги. [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://docs.cntd.ru/document/1200095524>

87. СП 396.1325800.2018. Улицы и дороги населенных пунктов. Правила градостроительного проектирования [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://www.minstroyrf.ru/docs/17951/>

88. Справочник по безопасности дорожного движения / под ред. В.В. Сильянова. М.: МАДИ(ГТУ), 2001. – 754 с.

89. Стратегическое планирование устойчивого развития крупных городов индикативным методом: опыт и перспективы модернизации: монография / И.В. Богомолова. – Волгоград: ИУНЛ ВолгГТУ, 2016. – 253 с.

90. Стратегия развития транспортных систем городов: монография / И.Н. Пугачев, Ю.И. Куликов, Г.Я. Маркелов, Т.Е. Кондратенко. – СПб: ООО «Издательско-полиграфическая компания «КОСТА»., 2017. – 365 с.

91. Тебеньков, С. Е. Развитие методов мониторинга транспортных потоков для оперативного управления дорожным движением на магистралях: автореф. дис. ... канд. техн. наук: 05.22.10 / С.Е. Тебеньков. Иркутск, 2013 – 20 с.

92. Транспортное планирование: формирование эффективных транспортных систем крупных городов: монография / Ю.В. Трофименко, М.Р. Якимов. – М: Логос., 2013. – 464 с.

93. Тюняев, И. В. Влияние скоростного режима движения автотранспортных средств на износостойкость подшипников коленчатых валов двигателей / И.В. Тюняев, В.А. Сологуб // Вестник Оренбургского Государственного Университета. – 2011. – № 10 (129). – С. 156–162.

94. Управление транспортными потоками в городах: монография / Е.А. Андреева, К. Бёттгер, Е.В. Белкова, А.Н. Бурмистров, Р.Р. Гизатуллин, А.Э. Горев, Р.В. Душкин, С.В. Жанказиев, А.Д. Жарков, Т.С. Колосова, А.В. Кузнецов, Е.А. Курочкин, В.В. Курц, В.П. Морозов, А.В. Прохоров, А.И. Солодкий, В.Л. Швецов; под. общ. ред. А.Н. Бурмистрова, А.И. Солодкого. – М.: Изд-во. «Инфра-М», 2019. – 207 с.

95. Федеральный закон «Об организации дорожного движения в Российской Федерации и о внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации» от 29.12.2017 N 443-ФЗ [Электронный ресурс]. Режим доступа: http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_286793/

96. Феофилова, А. А. Обоснование условий распределения транспортных потоков на улично-дорожной сети городов: дис. ... канд. техн. наук: 05.22.10 / А.А. Феофилова. Волгоград, 2013 – 18 с.

97. Хасанов, Р. И. Управление скоростным режимом автомобиля в эксплуатации на основе бортовых средств оперативной оценки состояния

дорожного полотна: автореф. дис. ... канд. техн. наук: 05.22.10 / Р.И. Хасанов. Оренбург, 2012 – 16 с.

98. Храпова, С. М. Определение уровня загрузки автомобильным транспортом городских магистралей: дис. ...канд. техн. наук: 05.22.10 / С.М. Храпова. Иркутск, 2010.

99. Цариков, А. А. Перспективы развития систем управления движением на улично-дорожной сети крупного города / А.А. Цариков // Сборник Международной научно-технической конференции. 2010. Тюмень. С. 326-330.

100. Цариков, А. А. Пути повышения пропускной способности и безопасности движения поворотных маневров / А.А. Цариков // Вестник СибАДИ. – 2009. - № 3(13). – с. 31-36.

101. Цариков, А. А. Развитие методов расчета регулируемых узлов на улично-дорожной сети города.: Автореф. ... канд. техн. наук: 05.22.01 / А.А. Цариков. Екатеринбург, 2010. – 19 с.

102. Чванов, В. В. Влияние загрузки дорог на уровень безопасности движения / В.В. Чванов, И.Ф. Живописцева // Наука и техника в дорожной отрасли. — 2004. – № 1.

103. Чванов, В. В. Влияние развития и состояния дорожной сети на уровень безопасности движения на дорогах России / В.В. Чванов // Автомобильные дороги и мосты: обзорная информация. Вып. 4. – М.: Информавтодор, 2003.

104. Чванов, В. В. Исследование влияния интенсивности движения транспортных потоков на аварийность на сети дорог федерального значения / В.В. Чванов // Транспорт. Наука, техника, управление: Научный информационный сборник. Вып. 5. – М.: ВИНТИ, 2007.

105. Чванов, В. В. Исследование роли «человеческого фактора» в проблеме безопасности дорожного движения / В.В. Чванов // Дороги и мосты: Сборник ст. ФГУП РосдорНИИ. Вып. 18/1. – М., 2008.

106. Чванов, В. В. Учет поведения водителей при оценке уровня безопасности дорожного движения / В.В. Чванов // Наука и техника в дорожной отрасли. – 2009. – № 3.

107. Черных, Н. В. Влияние планировочных решений на пропускную способность улично-дорожной сети / Н.В. Черных // «Актуальные проблемы безопасности дорожного движения. Сборник докладов» СПбГАСУ. – СПб., 2018. – С. 238-243.

108. Черных, Н. В. К вопросу формирования опорной сети крупных городов / Н.В. Черных // «Актуальные проблемы современного строительства. Сборник докладов» СПбГАСУ. – СПб., 2019. – Ч. 2. – С. 95-101.

109. Черных, Н. В. Проблемы формирования опорной сети крупных городов / Н. В. Черных // «Образование. Наука. Производство. Сборник докладов» БГТУ. – Белгород, 2019. – С. 2093-2097.

110. Черных, Н. В. Разработка методики повышения уровня обслуживания дорожного движения в городских условиях / Н.В. Черных // Вестник гражданских инженеров. – 2019. – №4 (75). – С. 151-155.

111. Черных, Н. В. Эффективность применения локальных мероприятий на улично-дорожной сети / Н. В. Черных // «Прогрессивные технологии в транспортных системах. Сборник материалов» ОГУ. – Оренбург, 2019. – С. 680-685.

112. Черняев И. О. Реализация непрерывного контроля условий эксплуатации транспортных средств для коррекции режимов их технического обслуживания / И.О. Черняев, С.А. Евтюков // «Транспортное планирование и моделирование. Сборник трудов». – СПб: СПбГАСУ. – 2020. – С. 146-152.

113. Чикалин, Е. Н. Повышение эффективности организации дорожного движения в зонах нерегулируемых пешеходных переходов: автореф....канд. техн. наук: 05.22.10 / Е.Н. Чикалин. Иркутск, 2013. – 20 с.

114. Якимов, М. Р. Анализ интенсивности загрязнения окружающей среды автотранспортом при различных вариантах организации дорожного движения / М.Р. Якимов // Материалы XI Всероссийской научно-практической

конференции студентов, аспирантов и молодых ученых. – Пермь: ПГУ. – 2003. – С. 246-249.

115. Якимов, М. Р. Научная методология формирования эффективной транспортной системы крупного города.: Автореф. ... д-ра. техн. наук: 05.22.01 / М.Р. Якимов. М., 2011. – 47 с.

116. Якимов, М. Р. Подходы к формированию транспортных систем крупных городов / М.Р. Якимов // Вестник Пермского государственного технического университета. Охрана окружающей среды, транспорт, безопасность жизнедеятельности. – Пермь. - 2010. - № 1. – С. 123-130.

117. Babit, R. Level of service concept in urban roads / R. Babit, V. Charma, A.K. Duggal // International Journal of Engineering Science Invention Research & Development; Vol. III, Issue I, 2016, pp. 44-48.

118. Capacity and Level of Service of Finnish Signalized Intersections / Finnra Reports 25/2002. - 164 p.

119. Chen, K. C. Determination of Level of Service (LOS) on Different Roads in Kuching Area (A Case study) / K.C. Chen, S.T. Larry // UNIMAS E-Journal of Civil Engineering, Vol 1: issue 1, 2009.

120. Chvanov, V. Levels of service and road traffic accident rate / V. Chvanov, I. Zhivopistsev // Advances in Transportation Steadies an international Journal Section, Vol. 3, 2004.

121. Level of service handbook // State of Florida Department of Transportation, 2013 – 194 p.

122. Gazis, D. C. Nonlinear Follow-the-Leader Models of Traffic Flow / D.C. Gazis, R. Herman, R.W. Rothery // Operations research, Vol. 9: issue 4, 1961, pp. 545-567.

123. Ensley, J. O. Application of Highway Capacity Manual 2010 Level-of-Service Methodologies for Planning Deficiency Analysis / J.O. Ensley // Master's Thesis, University of Tennessee, 2012.

124. Gartner, N. Traffic Flow Theory / N. Gartner, C. J. Messer, A. K. Rathi // Transportation Research Board, Special Report 165 (1992).

125. Guide to Level of Service (LOS) Target Setting for Highway Assets // College of Engineering University of Wisconsin-Madison Madison, Wisconsin, 2014, 173 p.
126. Highway capacity manual // Washington, D.C. 2010.
127. Haight, F. A. Mathematical Theories of Traffic Flow / F. A. Haight. Academic Press, New York, 1963.
128. Herman, R. Individual decisions and collective effects in a simulated traffic system // R. Herman, H.S. Mahmassani, G.L. Chang // Transportation science, issue 4, 1986, pp.258-271.
129. Kerner, B. S. Three-Phase Traffic Theory and Highway Capacity / B.S. Kerner. 2003.
130. Mahnke, R. Probabilistic description of traffic flow / R. Mahnke, J. Kaupuzs, I. Lubashevsky // Phys. Rep. 2005. Vol. 408. P. 1–130.
131. Mathew, T. Transportation Systems Engineering / T. Mathew // IIT Bombay, 2014, pp. 21.1-21.5.
132. National cooperative highway research program «Multimodal Level of Service Analysis for Urban Streets» // Washington, D.C, 2008, 122 p.
133. New urban agenda // 2017, pp. 21-24.
134. Regional Transportation Plan 2040 «What Moves You» // 2016, pp. 391-395.
135. Seliverstov Ya. A. Developing principles for building transport networks of conflict-free continuous traffic / Ya.A. Seliverstov, S.A. Seliverstov // Transportation Research Procedia. – 2018. – V. 36. – p. 689.
136. Solodkiy, A. I. Improving the level of traffic service on the road network of cities / A.I. Solodkiy, N.V. Chernikh // Materials Science and Engineering, International Scientific and Technical Conference INTERSTROYMEH, 2019.
137. VISSIM. [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://vision-traffic.ptvgroup.com/en-us/products/ptv-vissim/>

СЛОВАРЬ ТЕРМИНОВ

1. Документация по организации дорожного движения - документация, предусматривающая проведение мероприятий по организации дорожного движения и содержащая соответствующие инженерно-технические, технологические, конструктивные, экономические и иные решения;
2. Интенсивность дорожного движения - количество транспортных средств и (или) пешеходов, проходящих за единицу времени в одном направлении на определенном участке дороги;
3. Мониторинг дорожного движения - сбор, обработка, накопление и анализ данных об основных параметрах дорожного движения;
4. Организация дорожного движения - деятельность по упорядочению движения транспортных средств и (или) пешеходов на дорогах, направленная на снижение потерь времени (задержек) при движении транспортных средств и (или) пешеходов, при условии обеспечения безопасности дорожного движения;
5. Эффективность организации дорожного движения - соотношение потерь времени (задержек) при движении транспортных средств и (или) пешеходов до и после реализации мероприятий по организации дорожного движения при условии обеспечения безопасности дорожного движения;
6. Парковка общего пользования - парковка (парковочное место), предназначенная для использования неограниченным кругом лиц;
7. Пропускная способность дороги - максимальное значение интенсивности дорожного движения в одном направлении на определенном участке дороги при условии обеспечения безопасности дорожного движения;
8. Технические средства организации дорожного движения - сооружения и устройства, являющиеся элементами обустройства дорог и предназначенные для обеспечения организации дорожного движения

(дорожные знаки, разметка, светофоры, дорожные ограждения, направляющие устройства и иные сооружения и устройства);

9. Плотность транспортного потока – число автомобилей, занимающих единицу длины полосы движения на дороге в любой данный момент, является пространственной характеристикой, определяющей степень стесненности движения на полосе дороги.

10. Интеллектуальные транспортные системы – комплекс взаимосвязанных автоматизированных систем, решающих задачи управления дорожным движением, мониторинга и управления работой всех видов транспорта (индивидуального, общественного, грузового), информирования граждан и предприятий об организации транспортного обслуживания на территории региона.

11. Автоматизированные системы управления дорожным движением – комплекс технических, программных и организационных мер, обеспечивающих сбор и обработку информации о параметрах транспортных потоков и на основе этого оптимизирующей управление движением.

12. Уровень безопасности дорожного движения - степень соответствия наблюдаемого состояния процесса дорожного движения такому его качественному состоянию, при котором условия дорожного движения и поведение его участников находятся в пределах допустимых норм и не способствуют возникновению дорожно-транспортных происшествий.

ПРИЛОЖЕНИЕ

Приложение 1

Средние значения скоростей движения в течение суток по маршруту Большой Сампсониевский проспект – проспект Энгельса (в направлении от Пироговской набережной до Заречной улицы)

Участок УДС		Скорость, прямое направление, км/час																							
от	до	00 часов	1	2	3	4	05 часов	6	7	8	09 часов	10	11	12	13	14 часов	15	16	17	18 часов	19	20	21	22	23
Пироговская набережная	Клиническая улица	44	45	44	42	47	47	47	32	25	24	21	22	24	24	23	26	26	17	14	22	36	38	41	41
Клиническая улица	Финляндский проспект	31	31	32	34	35	39	32	21	17	15	14	15	14	16	16	16	16	12	11	15	21	24	25	29
Финляндский пр.	пл. Военных Медиков	35	40	33	36	46	31	36	35	29	30	29	24	27	29	31	26	27	27	25	29	30	32	34	36
пл. Военных Медиков	Боткинская ул.	58	6	60	58		54	50	49	38	36	41	34	38	36	38	37	41	38	32	41	46	46	47	56
Боткинская ул.	Сахарный пер.	64	58	62	68	60	65	43	34	27	25	26	22	27	23	20	25	24	22	15	22	34	31	57	59
Сахарный переул.	улица Комиссара Смирнова	42	32	59	45	56	59	51	26	23	20	21	19	21	20	19	20	22	18	15	23	25	23	40	59
улица Комиссара Смирнова	Еваторийский переул.	64	62	73	59	76	55	48	39	31	24	29	27	28	30	30	30	24	19	8	22	34	42	42	54
Еваторийский переул.	Выборгская улица	53	54	56	59	54		46	36	29	28	28	25	25	26	26	26	25	17	11	20	35	38	45	47
Выборгская ул.	Нобельский пер.	40	20	82	40	79	63	36	24	25	26	25	23	20	22	18	20	20	13	9	20	27	42	36	35
Нобельский пер.	ул. Фокина	38	29	59	33	62	14	20	29	21	22	22	22	21	25	21	20	23	19	11	18	26	29	32	37
улица Фокина	Малый Сампсониевский пр	36	34	36	39	44	30	44	34	17	21	24	22	20	22	19	21	20	17	10	13	20	26	31	36
Малый Сампсониевский прот	Гренадерская улица	27	30	16	19	24	43	26	18	12	15	14	15	13	15	16	16	14	12	8	12	15	17	19	21
Гренадерская улица	Крапивный переул.	26	25	26	22	25	22	33	22	21	21	21	18	16	17	20	20	18	15	9	12	21	25	23	26
Крапивный переул.	улица Смолчкова	19	25	33	28	28	32	45	23	21	16	18	20	15	16	17	18	18	14	13	13	19	23	24	23
улица Смолчкова	Ловизский переул.	50	9	41	49	46	47	67	24	29	27	27	28	22	25	21	20	20	15	11	15	30	41	43	45
Ловизский переул.	Тобольская улица	61	49	52	54	68	72	64	27	19	21	20	21	19	18	17	19	17	15	10	14	20	36	46	46
Тобольская улица	Беловодский переул.	58	30		65		52	48	16	29	34	22	23	22	23	23	20	18	19	19	22	24	38	36	47
Беловодский переул.	Гельсингфорская улица	44	49	62	41	12	53	44	30	33	27	28	24	24	25	22	19	20	17	19	22	31	33	42	44
Гельсингфорская улица	Литовская улица	53	48	54	50	63	48	51	36	33	31	31	26	26	26	26	22	22	21	23	26	32	42	41	51
Литовская улица	улица Александра Матросса	46	47	52	52	59	49	49	36	29	30	27	27	25	25	24	23	22	16	16	22	34	40	43	41
улица Александра Матросова	Кантемировская улица	34	44	44	37	33	45	39	30	32	24	24	26	25	25	27	18	13	10	8	11	20	27	35	38
Кантемировская ул.	Белоостровская ул.	40	37	46	46	47	50	45	41	36	37	42	38	40	35	36	43	41	43	40	41	43	39	47	43
Белоостровская ул.	улица Капитана Воронина	59	61	65	56	57	63	66	37	41	40	41	41	39	42	38	40	38	36	27	34	34	48	51	56
улица Капитана Воронина	1-й Мурунский проспект	36	39	46	47	47	45	39	34	29	29	28	29	29	29	27	28	22	19	15	16	20	29	31	35
1-й Мурунский проспект	Земельческая улица	45	44	46	44	41	41	51	30	29	27	26	26	24	22	23	22	20	18	12	16	19	24	31	39
Земельческая улица	Институтский переул.	58	60	61	55	72	54	57	41	42	45	43	38	38	40	40	38	30	25	19	22	30	41	47	52
Институтский переул.	Сердобольская улица	38	45	48	40	49	45	47	40	37	36	35	28	26	26	26	24	18	13	12	16	22	28	32	39
Сердобольская улица	Новосильцевский пер.	39	46	47	41	46	48	43	40	36	35	34	35	34	32	31	25	13	10	8	12	19	29	34	38
Новосильцевский пер.	Новороссийская улица	23	18	37	28	32	31	34	28	24	21	21	19	19	18	19	16	9	9	8	10	11	18	21	22
Новороссийская улица	проспект Пархоменко	47	47	49	45	56	57	42	34	31	28	28	24	25	21	22	18	11	10	10	12	16	25	31	38
проспект Пархоменко	улица Перфильева	45	49	27	48	59	47	30	40	37	28	28	27	24	26	21	17	9	8	8	9	14	24	28	44
улица Перфильева	Железнодорожный переул.	45	40	40	57	57	46	34	37	23	19	17	13	14	12	12	9	7	7	6	7	8	12	20	34
Железнодорожный переул.	Пр. Испытателей	22	22	21	24	21	21	23	20	17	17	17	17	16	16	14	16	14	14	13	15	15	15	18	19
Пр. Испытателей	Светлановская площадь	20	23	20	20	22	18	39	18	18	22	13	15	16	15	15	17	17	17	17	15	19	19	19	24
Светлановская пл.	Нежинская ул.	59	65	63	65	69	66	53	40	33	27	28	28	26	25	26	25	23	23	23	24	26	34	39	49
Нежинская улица	Эммануиловская улица	42	39	43	47	53	37	36	33	28	22	20	19	16	16	17	18	15	18	16	18	18	26	33	36
Эммануиловская улица	Манчестерская улица	20	28	26	14	27	23	31	23	24	21	17	16	16	17	18	14	16	17	17	17	19	24	22	22
Манчестерская улица	Ломовская улица	50	48	40	44	37	34	43	38	29	21	24	22	21	20	21	21	17	19	21	22	21	24	30	35
Ломовская улица	Дрезденская улица	11	8	9	23	10	16	24	14	16	15	18	16	18	17	15	19	20	20	19	16	16	15	15	16
Дрезденская улица	Кубанская улица	21	73		26		44	53	55	48	32	30	26	34	34	27	27	29	25	29	27	30	24	30	31
Кубанская улица	Кольская улица	39	56	64	56	76	52	76	45	37	30	30	28	29	31	25	20	24	34	27	32	34	43	48	48
Кольская улица	Гданьская улица	55	69	60	54	63	49	57	42	29	26	22	24	23	23	26	23	24	23	24	22	28	30	38	50
Гданьская улица	Калезинская улица	38	28	35	38	38	33	58	25	26	22	22	26	22	22	26	22	22	19	23	22	21	29	28	25
Калезинская улица	Енотавская улица	36	38	32	25	25	31	27	26	24	22	22	22	25	19	23	25	21	20	21	20	18	23	22	26
Енотавская улица	Гаврская улица	36	14			31	12	42	37	32	21	34	29	20	20	27	40	24	23	17	28	23	30	37	37
Гаврская улица	Елецкая улица	54	44	63	64	70	14	37	16	26	22	36	23	29	19	23	20	17	24	23	23	19	23	34	26
Елецкая улица	Скобелевский проспект	35	53	63	46	6	35	42	21	23	22	24	24	22	23	25	23	24	28	21	23	27	24	35	43
Скобелевский проспект	улица Рашетова	41	44	43	42	50	44	38	31	27	25	26	25	25	24	23	25	23	22	21	24	26	28	31	39
улица Рашетова	Забайкальская улица	29		42		33			31	37	36	34	29	43	33	31	40	33	39	38	39	34	42	36	
Забайкальская ул.	Олонекская ул.	57	56	59	49	47	56	49	42	39	35	35	34	33	34	31	36	32	32	24	30	29	41	43	49
Солонечная улица	улица Сергея Марго	62	66	65	64	61	61	60	53	31	32	27	19	13	10	8	33	31	18	8	18	10	18	38	55
улица Сергея Марго	Поклонногорская улица	31	37	39	36	39	38	31	23	11	12	11	9	8	8	7	16	14	9	8	11	7	10	14	23
Поклонногорская улица	Выборгское шоссе	49	51	54	51	51	51	46	39	33	33	34	31	29	30	29	27	27	25	24	26	30	32	37	43
Выборгское шоссе	улица Симейроса	50	52	57	52	48	51	51	43	41	43	42	41	41	40	41	39	37	36	39	38	41	44	45	48
ул. Симейроса	пр. Луначарского	35	38	38	41	42	40	38	29	25	26	24	23	23	23	22	22	20	21	21	21	24	25	30	30
проспект Луначарского	улица Асафьева	42	43	44	49	51	44	44	41	35	37	32	32	29	26	31	30	31	32	31	32	33	34	38	43
улица Асафьева	проспект Просвещения	26	31	33	35	31	31	27	21	19	22	22	20	19	18	18	18	16	16	16	15	18	22	23	27
проспект Просвещения	улица Шостаковича	51	54	55	50	47	51	42	35	26	31	36	36	37	35	33	32	32	31	29	31	32	36	41	48
ул. Шостаковича	Суздальский пр.	56	56	58	53	52	46	45	35	25	29	40	41	41	39	40	39	37	34	35	39	42	48	54	54
Суздальский пр.	ул. Михаила Дудина	42	40	43	42	42	47	48	30	17	23	31	33	31	31	29	30	32	26	20	25	30	32	37	40
ул. Михаила Дудина	4-й Верхний пер.	68	67	70	69	68	66	66	62	54	56	57	59	59	61	60	61	60	58	56	56	60	64	63	65
4-й Верхний пер.	Ул. Николая Рубцова	44	46	49	46	49	53	41	31																

Средние значения скоростей движения в течение суток по маршруту Большой Сампсониевский проспект – проспект Энгельса (в направлении от Заречной улицы до Пироговской набережной)

Участок УДС		Скорость, обратное направление, км/час																								
от	до	0	1	2	3	4	05 часов	6	7	8	09 часов	10	11	12	13	14 часов	15	16	17	18 часов	19	20	21	22	23	
Пироговская набережная	Клиническая улица	28	31	33	34	20	5	25	35	27	27	26	23	19	28	30	27	24	26	26	25	26	27	32	31	
Клиническая улица	Финляндский проспект	36	41	37	39	27	25	31	25	13	23	24	18	18	22	22	18	25	22	28	23	26	36	30	33	
Финляндский пр.	пл. Военных Медиков	39	42	46	45	37	40	44	37	32	32	31	32	30	30	31	35	31	30	24	32	38	41	36	37	
пл. Военных Медиков	Боткинская ул.	35	39	34	44	40	32	43	38	41	37	34	32	31	35	30	38	30	28	29	36	31	34	29	45	
Боткинская ул.	Сахарный пер.	32	36	33	23	39	34	32	26	28	27	26	23	26	27	24	26	26	19	22	29	32	28	23	25	
Сахарный переулок	улица Комиссара Смирнова	47	55	58	66	55	61	43	25	36	37	37	39	38	40	42	33	39	34	33	39	37	48	47	47	
улица Комиссара Смирнова	Еваторийский переулок	53	62	60		70	56	26	25	22	25	26	24	25	22	25	24	27	24	22	26	29	32	35	51	
Еваторийский переулок	Выборгская улица	62	63	58	63	62	68	50	41	30	31	29	31	31	29	31	31	30	28	37	42	45	53	54		
Выборгская ул.	Нобельский пер.	61	56	49	72	54	71	40	37	24	28	23	24	21	23	24	25	26	26	25	32	42	40	44	50	
Нобельский пер.	ул. Фокина	60	68	52	51	64	63	57	32	26	29	27	30	26	26	26	26	31	29	27	36	49	47	46	49	
улица Фокина	Малый Сампсониевский пр	46	46	36	31	52	59	43	31	25	24	24	24	24	23	24	24	24	23	23	27	32	36	37	39	
Малый Сампсониевский пр	Гренадерская улица	40	42	39	33	38	46	40	37	33	36	35	32	31	30	33	29	35	32	29	35	36	38	36	42	
Гренадерская улица	Крапивный переулок	28	29	25	19	16	29	21	20	19	19	21	19	20	19	22	20	20	19	16	23	22	24	22	24	
Крапивный переулок	улица Смолчюва	28	33	24		12	34	28	22	19	18	21	22	21	22	24	22	17	20	24	24	29	31	26	26	
улица Смолчюва	Ловизский переулок	31	18	31		37	34	24	23	20	21	21	20	18	23	22	20	17	15	17	11	22	30	27	27	
Ловизский переулок	Тобольская улица	43	42	33	16	43	50	31	29	27	29	29	28	26	26	29	26	27	27	24	25	32	31	36	34	
Тобольская улица	Беловодский переулок	57	55	64	104	58	63	51	33	24	20	27	29	28	31	29	32	30	26	21	31	34	37	30	47	
Беловодский переулок	Гельсингфорская улица	59	68	57	38	58	64	44	34	26	29	28	27	26	26	27	30	33	28	30	36	42	47	54	54	
Гельсингфорская улица	Литовская улица	55	54	48	53	50	58	48	41	34	32	32	29	29	27	33	29	33	35	36	36	37	41	37	41	
Литовская улица	улица Александра Матросова	47	53	46	65	53	53	45	44	38	38	32	34	34	34	34	36	36	29	25	31	36	40	42	46	
улица Александра Матросова	Кантемировская улица	54	55	48	59	52	55	48	47	39	34	36	39	37	36	37	37	39	39	40	40	43	47	46	46	
Кантемировская ул.	Белоостровская ул.		60			41			47	18	48	60		39		45		42	1	42	52	39				
Белоостровская ул.	улица Capitana Воронина	27	26	17	30	23	28	19	11	9	9	9	11	12	12	13	13	13	15	18	18	19	24	21		
улица Capitana Воронина	1-й Муринский проспект	55	59	49	57	56	51	45	14	7	8	10	18	21	26	32	35	32	35	36	47	45	47	47	51	
1-й Муринский проспект	Земледельческая улица	41	41	40	38	42	39	38	24	9	10	20	30	30	30	37	35	32	31	31	35	35	36	32	36	
Земледельческая улица	Институтский переулок	39	41	40	47	51	41	31	23	15	15	19	19	20	18	19	18	18	18	18	21	21	23	29	36	
Институтский переулок	Сердобольская улица	55	58	56	61	55	60	48	42	35	37	38	40	41	37	39	39	40	40	38	43	42	47	48	52	
Сердобольская улица	Новосильцевский пер.	31	37	36	45	45	43	38	32	36	36	36	28	27	27	28	27	25	26	28	28	29	28	31	31	
Новосильцевский пер.	Новороссийская улица	46	52	47	52	54	52	47	36	35	35	36	31	33	31	32	36	32	32	33	34	34	34	33	41	
Новороссийская улица	проспект Пархоменко	33	36	37	38	35	34	28	17	13	14	16	16	17	17	19	20	20	20	20	22	23	24	25	28	
проспект Пархоменко	улица Перфильева	25	39	29	63	46	26	25	16	12	11	13	13	16	16	16	16	14	16	14	17	20	23	28	34	
улица Перфильева	Железнодорожный переулок	52	53	67	61	62	56	39	12	8	9	11	10	11	13	16	21	21	25	23	28	29	26	27	41	
Железнодорожный переулок	Пр. Испытателей	54	56	58	43	54	55	51	13	7	9	16	17	17	22	29	34	40	36	38	41	43	42	48	47	
Пр. Испытателей	Светлановская площадь	22	27	24	32	24	22	21	16	8	13	19	19	20	21	23	26	27	25	28	29	27	24	26	26	
Светлановская пл.	Нежинская ул.	38	39	42	46	40	41	33	21	13	15	20	22	23	22	23	24	25	24	24	27	27	30	32	34	
Нежинская улица	Эммануиловская улица	57	62	72	66	57	64	59	48	23	27	31	30	30	30	32	34	31	31	30	38	35	42	42	57	
Эммануиловская улица	Манчестерская улица	51	52	52	66	49	50	61	50	25	31	35	34	33	31	34	37	35	34	34	38	41	40	43	48	
Манчестерская улица	Ломовская улица	41	47	52	42	29	42	38	36	26	26	28	26	20	25	26	28	30	26	28	31	32	34	33	40	
Ломовская улица	Дрезденская улица	50	50		66			79	48	29	34	42	44	37	34	36	34	43	44	25	26	33	39	54	46	
Дрезденская улица	Кубанская улица	22	20	21	56	12	16	21	18	20	20	23	18	20	17	17	16	16	21	19	18	17	24	24	23	
Кубанская улица	Кольская улица	25	40	31	33			60	31	22	17	19	21	19	21	22	18	16	17	19	16	19	26	25	28	26
Кольская улица	Гданьская улица	52	64	60	44	57	55	53	34	34	31	29	32	33	28	32	29	32	25	33	33	34	43	40	49	
Гданьская улица	Калезинская улица	61	81	42	66	37	59	55	35	32	23	38	28	26	31	27	28	23	22	25	27	33	21	28	40	
Калезинская улица	Енотаевская улица	60	62	67	49	62	50	59	56	41	37	42	36	36	36	33	35	36	30	34	34	42	46	42	52	
Енотаевская улица	Гаврокая улица	44	74	57	72	71	24	46	33	32	36	38	33	33	32	30	28	32	35	32	37	42	29	27	34	
Гаврокая улица	Елецкая улица	55	37	73	16	25	23	33	27	26	24	27	23	26	30	18	28	26	24	24	22	25	28	25	34	
Елецкая улица	Скобелевский проспект	38	36	35	52	8	27	28	23	22	19	26	25	29	23	25	28	24	24	24	23	24	30	26	30	
Скобелевский проспект	улица Рашетова	35	34	35	30	34	30	28	18	17	15	18	21	22	21	21	22	22	18	18	21	23	24	24	30	
улица Рашетова	Забайкальская улица	26	33	17	12	13	29	26	32	27	21	20	26	25	21	13	23	24	36	36	35	28	20	27	28	
Забайкальская ул.	Олонечкая ул.	50	49	47	57	46	45	43	35	34	30	33	31	32	31	30	33	34	33	32	36	38	39	39	42	
Олонечкая улица	улица Сергея Марго	54	56	52	54	58	58	55	47	43	42	43	42	42	44	42	45	44	43	45	47	46	47	47	53	
улица Сергея Марго	Поклонгорская улица	58	59	59	55	53	63	62	59	55	54	52	47	47	44	45	48	49	46	41	47	47	49	53	55	
Поклонгорская улица	Выборгское шоссе	46	47	49	51	53	53	45	21	14	17	23	26	26	26	27	19	19	18	16	21	30	32	37	42	
Выборгское шоссе	улица Симейроса	25	21	24	16	25	24	22	18	11	16	19	27	23	21	23	19	22	19	17	21	22	20	23	22	
ул. Симейроса	пр. Луначарского	30	32	33	35	32	39	32	24	16	20	21	21	20	19	20	20	19	19	19	20	21	23	24	26	
проспект Луначарского	улица Асафьева	39	35	34	39	34	30	37	27	23	25	24	25	24	24	23	22	22	21	22	21	23	28	30	31	
улица Асафьева	проспект Просвещения	34	32	36	37	30	38	35	25	24	24	22	21	19	20	20	20	21	21	20	20	23	23	24	29	
проспект Просвещения	улица Шостаковича	34	37	35	34	33	30	33	24	22	23	24	23	22	21	20	21	19	17	16	18	21	22	25	30	
ул. Шостаковича	Суздальский пр.	40	44	42	43	37	37	38	20	15	19	21	22	24	24	25	24	21	15	14	19	23	28	33	40	
Суздальский пр.	ул. Михаила Дудина	61	59	60	57	60	54	62	37	21	36	37	41	48	48	47	50	41	18	13	39	48	52	57	60	
ул. Михаила Дудина	4-й Верхний пер.	44	43	34	32	48	32	40	40	27	31	31	34	34	37	36	34	24	14	15	28	28	28	31	34	
4-й Верхний пер.	Ул. Николая Рубцова	62	57	49	29	53	57	64	67	59	57	59	58	63	61	61	61									

Средние значения скоростей движения в течение суток по Московскому проспекту (в направлении от Сенной площади до площади Победы)

Участок УДС		Скорость, прямое направление, км/час																							
от	до	00 часов	1	2	3	4	05 часов	6	7	8	09 часов	10	11	12	13	14 часов	15	16	17	18 часов	19	20	21	22	23
Алтайская улица	площадь Победы	51	49	51	56	53	54	50	45	40	43	46	48	47	47	43	46	41	40	37	38	45	48	50	49
улица Титанова	Алтайская улица	47	59	52	54	55	51	63	50	39	45	46	44	41	40	39	39	37	36	35	35	38	43	45	51
Ленинский проспект	улица Титанова	34	39	39	37	40	38	40	26	27	25	28	28	27	25	22	24	23	24	23	22	21	26	31	34
улица Титанова	Ленинский проспект	29	32	34	33	48	39	26	22	19	20	22	21	20	18	19	19	18	18	17	16	18	19	23	23
Авиационная улица	улица Титанова	28	26	27	36	36	30	21	23	16	19	20	24	19	17	16	14	14	14	14	12	13	20	23	27
улица Гастелло	Авиационная ул.	52	57	53	54	56	60	41	43	26	37	37	42	38	34	31	25	20	11	10	10	19	39	46	48
ул. Гастелло	ул. Гастелло	64	69	66	54	57	73	46	57	42	45	50	50	52	50	49	45	34	19	14	14	27	48	59	56
пл. Братьев Стругацких	улица Гастелло	59	61	67	66	67	70	43	48	42	42	47	55	55	56	49	51	42	26	18	17	40	56	58	58
улица Фрунзе	пл. Братьев Стругацких	52	46	44	60	57	60	62	55	43	52	50	56	57	53	50	56	49	35	29	27	49	62	55	54
пл. Братьев Стругацких	улица Фрунзе	20	33	35	36	11	48	42	39	26	23	30	30	28	29	29	28	31	21	19	22	25	36	25	18
Бассейная улица	пл. Братьев Стругацких	53	47	56	64	59	54	61	58	46	43	45	42	42	39	39	35	38	31	25	31	37	41	45	50
пл. Чернышевского	Бассейная ул.	51	47	48	47	52	49	31	33	29	33	32	41	39	39	36	37	36	30	26	32	34	38	41	43
Кузнецовская улица	площадь Чернышевского	56	59	54	62	55	58	59	58	58	53	54	52	54	48	51	52	42	41	35	42	48	52	54	57
Благодатная ул.	Кузнецовская ул.	45	45	46	51	47	47	31	30	30	31	29	38	37	33	34	33	40	36	31	38	35	39	41	43
улица Решетникова	Благодатная улица	53	51	50	53	48	46	53	57	51	50	46	43	42	41	40	41	37	31	29	36	40	44	48	51
Маринская улица	улица Решетникова	26	31	33	39	33	30	21	20	21	23	20	22	20	19	20	20	19	20	18	23	20	21	21	26
Рошинская улица	Маринская улица	56	57	59	60	60	62	52	46	40	40	39	40	37	34	33	32	28	22	21	26	32	38	46	51
улица Глеба Успенского	Рошинская улица	38	43	43	46	39	39	32	32	30	33	26	24	25	23	24	21	21	20	18	21	22	29	31	33
Заставская улица	улица Глеба Успенского	61	59	52	74	54	57	53	52	46	39	40	41	42	40	36	36	30	26	24	28	36	44	48	51
площадь Московские Ворота	Заставская улица	42	45	42	45	45	39	46	41	43	38	39	36	33	33	32	33	32	29	27	30	32	37	40	44
Детский переулок	Ташкентская улица	34	36	40	32	35	26	44	34	25	23	23	21	19	17	19	18	19	14	13	15	22	25	26	29
Малая Митрофаньевская улица	Детский переулок	56	62	69	63	53	64	63	53	40	38	40	38	35	30	30	28	20	15	11	18	38	48	53	61
улица Красуцкого	Малая Митрофаньевская улица	58	60	59	60	57	61	54	43	41	38	38	46	44	42	42	41	29	18	12	29	44	50	53	57
Смоленская улица	улица Красуцкого	34	24	31	21	25	27	17	26	21	20	20	22	22	23	21	24	26	20	13	22	24	22	27	27
набережная Обводного канала	Смоленская улица	48	49	43	50	48	55	48	39	37	38	38	44	44	43	44	43	44	37	31	41	43	45	45	49
Малодетскосельский проспект	Угловой переулок	49	51	47	48	48	44	33	38	28	30	30	28	27	27	25	22	22	18	19	23	27	33	34	46
7-я Красноармейская улица	Малодетскосельский проспект	28	52	39	29	43	33	27	29	25	24	25	26	24	24	22	19	19	16	15	20	24	26	27	32
6-я Красноармейская улица	7-я Красноармейская улица	46	57	62	53		63	54	28	30	30	30	29	22	23	19	17	13	10	14	22	23	37	44	53
5-я Красноармейская улица	6-я Красноармейская улица	46	54	60	56	42	47	52	46	36	33	35	37	32	34	29	21	18	13	14	22	26	38	44	56
Клинский проспект	5-я Красноармейская улица	30	38	52	30	49		22	27	33	24	28	29	28	27	24	21	22	17	19	21	23	33	34	41
4-я Красноармейская улица	Клинский проспект	60	38	33	28		55	56	31	27	28	27	28	31	27	29	20	21	17	18	25	25	29	42	30
3-я Красноармейская улица	4-я Красноармейская улица	47	37	43	28	43	52	42	23	20	20	21	20	23	21	20	24	17	13	12	16	20	20	27	24
2-я Красноармейская улица	3-я Красноармейская улица	63	68	58	58	49	55	59	48	35	35	33	39	33	35	28	27	16	13	12	17	26	39	43	44
1-я Красноармейская улица	2-я Красноармейская улица	44	45	46	49	46	53	50	40	30	26	30	31	29	30	28	26	19	19	17	22	31	34	37	42
Загородный проспект	1-я Красноармейская улица	24	24	23	25	32	24	21	27	20	22	21	22	20	20	20	19	19	16	17	19	20	22	22	24
Технологическая пл.	Технологическая пл.	32	30	34	40	24	46	15	20	20	17	17	17	15	17	19	14	12	11	12	13	21	24	26	24
наб. реки Фонтанки	Технологическая пл.	42	42	41	44	43	48	42	38	32	32	33	38	36	36	36	35	26	26	24	30	36	40	41	43
Обуховская площадь	набережная реки Фонтанки	21	17	12	12	21	43	20	14	19	12	23	16	10	12	12	15	15	10	12	15	12	16	27	18
Сенная площадь	Обуховская площадь	39	41	39	50	48	53	42	24	39	38	33	30	28	29	29	27	29	29	31	30	31	34	41	44

Средние значения скоростей движения в течение суток по Московскому проспекту (в направлении от площади Победы до Сенной площади)

Участок УДС		Скорость, обратное направление, км/час																							
от	до	0	1	2	3	4	05 часов	6	7	8	09 часов	10	11	12	13	14 часов	15	16	17	18 часов	19	20	21	22	23
Алтайская улица	площадь Победы	47	51	53	49	49	48	45	34	30	34	37	38	39	39	39	39	37	31	28	34	40	39	42	45
улица Титанова	Алтайская улица	26	27	24	31	23	25	22	18	17	16	20	22	23	19	24	22	20	18	17	16	22	20	22	23
Ленинский проспект	улица Титанова	57	59	72	63	59	60	55	21	17	20	27	39	41	43	47	46	49	37	33	35	41	61	52	59
улица Титанова	Ленинский проспект	37	30	30	37	53	49	26	17	17	17	23	24	24	25	23	25	21	21	22	27	34	34	40	
Авиационная улица	улица Титанова	46	59	64	49	50	56	42	32	32	31	31	37	39	35	39	41	40	32	30	35	40	47	44	53
улица Гастелло	Авиационная ул.	61	61	65	60	57	63	59	59	55	53	50	45	46	47	45	49	41	42	41	38	49	54	56	57
ул. Гастелло	ул. Гастелло	29	38	43	8	36	45	71	51	45	47	53	33	31	31	31	31	29	26	28	27	28	29	31	29
пл. Братьев Стругацких	улица Гастелло	47	48	45	48	51	40	59	46	36	41	41	33	36	35	38	37	39	37	36	38	38	43	44	45
улица Фрунзе	пл. Братьев Стругацких	24	22	23	17	37	18	39	29	21	28	25	23	20	21	26	20	26	22	23	22	21	23	21	21
пл. Братьев Стругацких	улица Фрунзе	49	46	45	49	36	43	50	44	36	34	43	40	42	39	41	44	46	41	42	44	48	42	42	51
Бассейная улица	пл. Братьев Стругацких	54	53	61	50	54	59	62	45	29	36	40	37	35	38	35	39	37	35	35	37	45	49	48	51
пл. Чернышевского	Бассейная ул.	56	56	64	57	53	61	63	46	21	32	42	42	44	46	46	48	44	44	41	44	51	51	52	57
Кузнецовская улица	площадь Чернышевского	32	31	34	35	29	34	49	27	13	20	25	26	25	25	29	31	32	32	32	35	30	31	34	35
Благодатная ул.	Кузнецовская ул.	54	54	59	57	57	50	49	18	9	13	16	22	21	26	27	30	27	26	25	31	42	47	49	52
улица Решетникова	Благодатная улица	49	56	60	58	58	53	58	35	24	24	30	31	31	31	32	35	32	26	24	34	45	47	51	55
Маринская улица	улица Решетникова	55	59	73	61	55	72	55	40	25	24	29	35	37	36	38	38	44	39	36	42	55	51	57	60
Рошинская улица	Маринская улица	49	46	50	47	48	50	62	47	24	24	28	29	29	30	29	32	35	34	32	37	40	42	44	47
улица Глеба Успенского	Рошинская улица	52	50	53	55	53	46	53	41	17	18	21	30	31	35	38	40	46	47	44	47	44	47	49	50
Заставская улица	улица Глеба Успенского	55	59	53	54	56	54	53	36	15	15	16	23	26	28	33	36	37	39	35	45	44	47	51	51
площадь Московские Ворота	Заставская улица	48	49	48	51	53	50	48	28	16	15	16	19	20	22	25	29	27	28	28	29	35	37	39	44
Детский переулок	Ташкентская улица	66	64	69	65	71	68	64	49	36	37	35	35	35	36	36	39	45	41	34	44	53	55	61	66
Малая Митрофаньевская улица	Детский переулок	56	56	55	54	52	47	57	51	41	38	35	33	32	35	36	36	34	35	36	35	43	45	48	51
улица Красуцкого	Малая Митрофаньевская улица	45	44	43	45	43	44	59	55	45	47	45	38	38	38	39	39	38	38	38	39	42	43	44	45
Смоленская улица	улица Красуцкого	55	62	55	59	58	62	53	53	45	47	45	47	47	50	48	47	50	46	44	46	47	50	53	54
набережная Обводного канала	Смоленская улица	52	56	59	54	57	53	53	51	40	43	37	34	33	34	35	36	30	29	26	28	43	44	46	51
Малодетскосельский проспект	Уловый переулок	62	58	63	55	58	55	65	58	42	43	42	34	39	38	37	36	34	33	26	36	39	43	47	53
7-я Красноармейская улица	Малодетскосельский проспект	46	48	57	61	59	58	43	55	45	51	46	42	42	46	43	45	45	41	35	43	47	50	54	51
6-я Красноармейская улица	7-я Красноармейская улица	63	51	59	46	64	58	38	53	30	48	38	37	41	42	44	38	34	26	24	31	41	45	54	55
5-я Красноармейская улица	6-я Красноармейская улица	20	36	53	46	4	43	60	39	24	30	33	23	22	25	32	22	16	14	15	19	24	27	31	40
Клинский проспект	5-я Красноармейская улица	20	17	11	32	15	26	28	24	23	32	26	24	23	21	22	22	23	24	17	20	20	22	25	21
4-я Красноармейская улица	Клинский проспект	40	43	33		32	36	35	32	20	30	26	26	28	33	29	31	32	25	21	25	40	42	46	36
3-я Красноармейская улица	4-я Красноармейская улица	40	40	38	38	45	44	52	28	18	20	19	19	23	23	24	25	25	18	14	23	36	34	44	47
2-я Красноармейская улица	3-я Красноармейская улица	32	24	12	21	7	23	38	25	15	18	16	14	19	21	16	20	15	14	12	13	20	26	28	35
1-я Красноармейская улица	2-я Красноармейская улица	14	20	18	12	16	13	28	26	20	21	20	17	18	20	17	22	17	18	16	18	20	22	22	19
Загородный проспект	1-я Красноармейская улица	37	34	40	39	49	37	42	36	25	27	26	25	26	25	24	27	26	23	24	24	30	33	36	38
Технологическая пл.	Технологическая пл.	44	43	54	44	57	29	37	42	26	29	29	23	23	24	24	24	34	30	25	32	31	42	41	43
наб. реки Фонтани	Технологическая пл.	35	41	39	37	44	44	41	25	15	18	15	13	12	11	12	13	19	19	14	23	20	24	27	32
Обуховская площадь	набережная реки Фонтани	50	47	45	44	45	64	41	32	36	31	21	16	14	10	14	12	16	24	19	16	32	39	40	41
Сенная площадь	Обуховская площадь	34	36	40	32	34	40	37	28	23	19	15	14	13	12	12	12	13	14	12	14	19	26	30	31

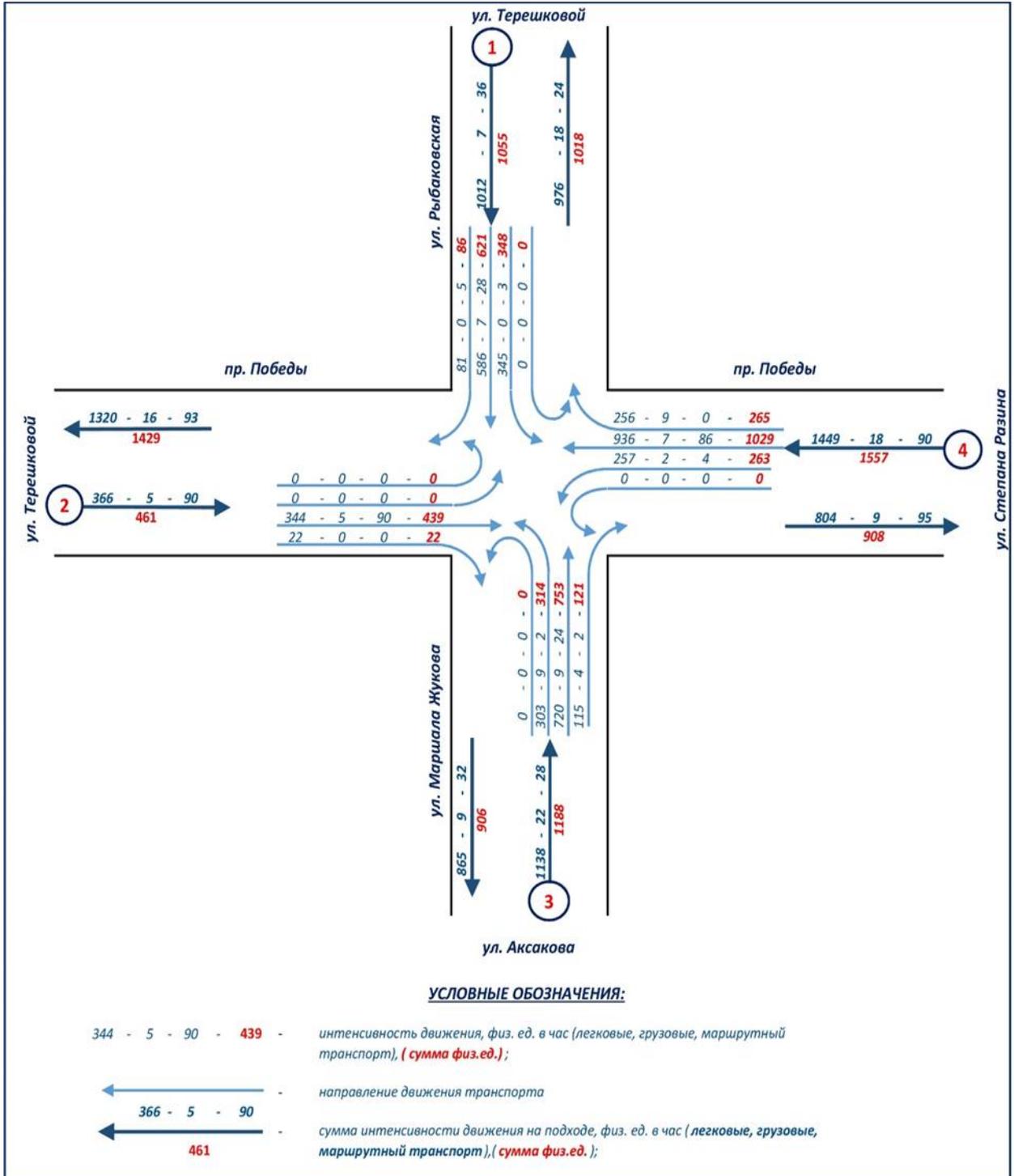
**Средние значения скоростей движения в течение суток по маршруту Ленинский проспект – улица Типанова – проспект Славы – Ивановская улица – Народная улица
(в направлении от улицы Доблести до проспекта Большевиков)**

Участок УДС		Скорость, прямое направление, км/час																							
от	до	00 часов	1	2	3	4	05 часов	6	7	8	09 часов	10	11	12	13	14 часов	15	16	17	18 часов	19	20	21	22	23
пр. Кузнецова	ул. Доблести	41	39	42	32	38	37	36	24	29	32	35	33	37	33	36	34	32	34	31	31	32	33	35	34
Брестский бульв.	пр. Кузнецова	48	42	44	51	49	49	37	34	35	32	34	35	39	41	36	38	36	40	39	39	39	37	40	44
ул. Десантников	Брестский бульв.	43	43	48	47	17	42	28	33	28	29	34	31	38	38	37	32	33	32	31	30	38	37	38	37
ул. Котина	ул. Десантников	41	40	39	52	43	44	42	34	31	29	33	32	33	31	30	35	31	28	28	30	31	33	37	36
пр. Маршала Жукова	ул. Котина	45	45	50	48	40	41	40	43	38	37	38	38	37	35	35	36	35	33	33	31	32	35	40	39
Кронштадтская пл.	пр. Маршала Жукова	33	34	38	38	33	38	26	20	18	18	19	18	16	14	18	18	13	13	11	11	13	18	19	24
Соломахицкий проезд	Кронштадтская пл.	33	37	39	30	38	24	39	32	28	30	29	26	27	28	26	29	27	19	13	11	15	27	34	35
улица Зины Портновой	Соломахицкий проезд	57	62	69	64	58	58	56	54	62	54	55	52	50	55	52	52	52	47	49	47	51	52	52	58
бульвар Новаторов	улица Зины Портновой	41	44	44	43	42	41	24	34	32	36	34	30	31	27	27	27	23	30	28	26	34	30	36	41
проспект Народного Ополчения	бульвар Новаторов	38	45	39	41	44	37	49	38	39	37	36	31	29	31	31	29	28	29	29	29	34	31	36	38
Троллейбусный проезд	проспект Народного Ополчения	29	28	23	27	25	40	27	20	17	15	14	15	15	14	13	13	18	17	17	17	13	13	19	23
ЗСД	Троллейбусный проезд	54	58	54	60	52	57	57	44	38	29	28	37	27	20	17	12	16	11	10	13	13	18	40	50
Кубинская ул.	ЗСД	40	39	35	36	37	43	40	37	37	34	35	38	35	31	28	22	24	12	9	12	18	24	37	40
пл. Конституции	Кубинская улица	37	39	46	47	49	35	36	29	31	30	30	29	29	26	26	22	20	9	6	13	20	28	33	37
площадь Конституции	площадь Конституции	47	46	48	37	40	44	55	36	41	30	38	35	37	30	35	33	36	19	17	23	31	39	44	45
Варшавская улица	площадь Конституции	43	42	48	54	51	44	50	38	39	38	38	35	37	35	33	33	35	32	26	35	41	37	43	45
Московский проспект	Варшавская улица	33	36	34	32	40	37	32	29	29	26	27	28	29	27	27	27	27	28	30	30	30	31	29	33
ул. Типанова	ул. Типанова	45	47	39	46	43	44	44	37	33	34	34	37	37	36	38	37	39	36	36	38	41	42	45	46
проспект Комонатов	проспект Юрия Гагарина	51	54	57	56	52	61	50	43	35	40	41	41	42	38	40	41	40	37	37	39	41	44	48	51
Витебский пр.	пр. Комонатов	47	50	50	53	46	48	43	43	38	39	41	39	39	39	39	40	37	36	30	33	38	40	43	44
Ново-Волковский мост	Будапештская ул.	40	39	40	46	40	47	43	34	21	23	26	27	25	25	26	26	24	22	21	23	27	32	36	39
Будапештская улица	Бухарестская улица	40	40	41	35	41	42	38	39	32	37	39	35	33	34	33	34	32	32	34	34	35	39	37	38
Бухарестская улица	Пражская улица	58	56	54	58	55	63	55	52	46	46	46	44	43	45	45	44	43	43	43	45	45	49	52	52
Пражская улица	Софийская улица	58	55	54	62	64	66	56	43	39	41	39	43	42	42	41	41	49	44	42	40	40	45	46	53
Гамбургская пл.	Гамбургская площадь	67	69	67	60	60	68	66	54	47	48	47	49	48	49	48	46	42	38	33	37	43	53	58	63
Белевский пр.	ул. Седова	47	47	45	42	53	43	42	35	30	31	30	31	28	27	27	25	22	20	18	23	27	31	37	43
улица Седова	улица Бабушкина	39	41	32	38	42	43	40	29	30	27	27	27	22	21	21	19	19	16	13	17	21	24	29	35
улица Бабушкина	Прямой проспект	59	62	36	64	50	51	53	52	51	54	49	48	49	48	48	46	36	26	18	27	35	45	54	60
Прямой пр.	пр. Обуховской Обороны	50	54	42	49	46	49	44	43	40	43	40	41	35	38	39	37	29	22	18	23	31	37	46	51
пр. Обуховской Обороны	Октябрьская наб.	62	63	69	62	64	64	63	57	55	54	52	50	46	46	45	45	29	22	17	22	36	43	55	63
Октябрьская наб.	Дальневосточный пр.	38	40	40	44	46	41	42	31	23	22	22	24	22	22	21	20	13	11	10	14	18	24	32	37
Дальневосточный проспект	проспект Большевиков	43	43	39	50	42	50	49	38	38	38	37	37	37	35	37	36	36	37	37	35	35	37	41	40

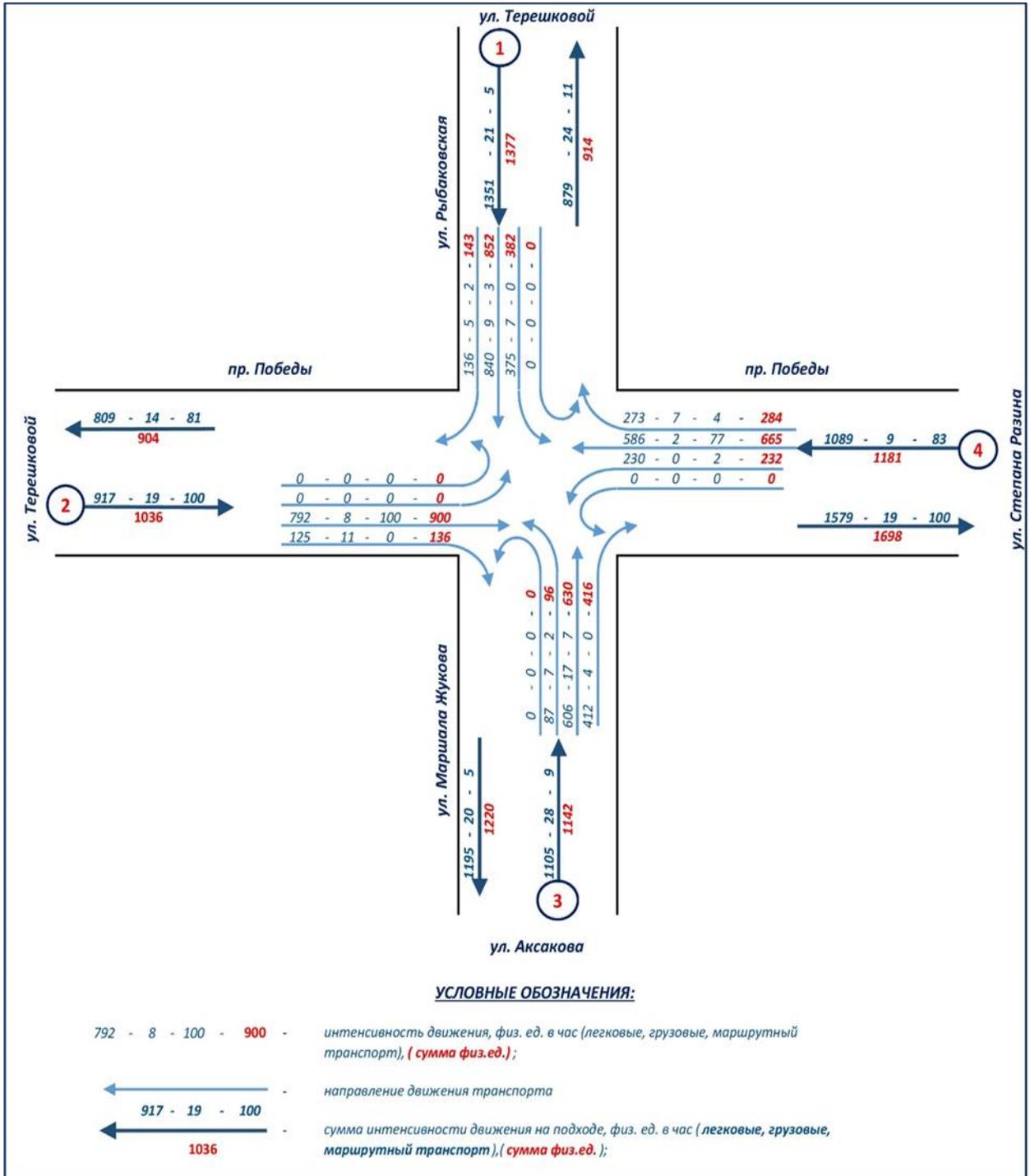
**Средние значения скоростей движения в течение суток по маршруту Ленинский проспект – улица Типанова – проспект Славы – Ивановская улица – Народная улица
(в направлении от проспекта Большевиков до улицы Доблести)**

Участок УДС		Скорость, обратное направление, км/час																							
от	до	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23
пр. Кузнецова	ул. Доблести	40	41	41	41	41	54	46	37	37	40	38	35	35	37	35	36	36	33	31	34	37	37	35	38
Брестский бульв.	пр. Кузнецова	46	48	50	56	50	38	45	39	35	40	41	42	43	42	44	44	41	40	39	43	38	45	42	50
ул. Десантников	Брестский бульв.	31	36	34	40	30	30	33	27	23	30	29	29	29	31	32	32	33	30	27	31	33	30	30	35
ул. Котина	ул. Десантников	48	43	45	51	40	41	38	31	25	30	34	35	35	36	35	38	36	33	32	35	36	41	43	42
пр. Маршала Жукова	ул. Котина	30	32	32	32	29	27	26	13	10	13	19	17	17	17	15	17	16	12	14	17	17	21	26	30
Кронштадтская пл.	пр. Маршала Жукова	34	32	35	41	33	31	32	22	15	22	26	27	27	28	27	28	28	27	27	28	29	30	31	31
Соломахицкий проезд	Кронштадтская пл.	48	48	48	51	54	50	51	46	47	46	44	45	44	45	42	42	43	46	48	46	47	46	47	47
улица Зины Портновой	Соломахицкий проезд	42	41	42	44	41	51	42	35	38	36	38	35	34	32	33	36	37	28	26	26	30	36	38	44
бульвар Новаторов	улица Зины Портновой	39	43	42	40	53	46	47	32	25	25	29	26	27	27	27	29	30	28	23	30	28	34	37	38
проспект Народного Ополчени	бульвар Новаторов	31	34	33	35	38	31	39	25	15	23	28	24	26	25	25	26	23	18	16	19	28	30	30	31
Троллейбусный проезд	проспект Народного Ополчени	47	54	58	46	48	51	49	34	14	21	38	37	41	40	42	44	43	42	43	43	43	47	47	48
ЗСД	Троллейбусный проезд	41	38	47	43	53	45	45	20	13	16	24	17	18	21	21	22	23	31	36	37	33	30	35	37
Кубинская ул.	ЗСД	29	31	32	36	31	37	38	33	29	25	26	21	20	18	19	20	22	28	30	32	29	30	27	31
пл. Конституции	Кубинская улица	42	43	48	52	42	40	44	39	36	37	36	30	30	32	30	32	32	35	36	37	37	37	40	44
площадь Конституции	площадь Конституции	44	46	42	47	35	36	41	38	34	34	35	34	31	35	32	34	32	32	32	34	39	37	41	39
Варшавская улица	площадь Конституции	43	37	45	45	42	41	39	30	25	26	28	21	20	21	20	21	21	23	20	28	33	32	35	35
Московский проспект	Варшавская улица	28	31	27	34	33	19	25	16	11	14	15	17	17	17	15	16	13	10	8	14	18	22	24	25
ул. Типанова	ул. Типанова	33	32	30	32	26	33	31	34	27	29	27	29	27	27	27	28	26	22	21	26	26	28	28	33
проспект Космонавтов	проспект Юрия Гагарина	45	48	47	45	49	49	43	44	35	34	34	37	33	31	30	29	30	22	20	27	32	39	42	45
Витебский пр.	пр. Космонавтов	63	65	61	61	60	69	60	62	54	52	56	58	57	56	57	56	53	45	34	42	53	59	61	61
Ново-Волковский мост	Будапештская ул.	53	56	56	50	56	53	50	44	38	42	48	48	49	49	48	50	47	46	44	47	47	48	50	51
Будапештская улица	Бухарестская улица	43	40	45	46	53	44	44	35	27	30	30	30	29	29	28	29	26	23	22	28	32	36	38	42
Бухарестская улица	Пражская улица	44	42	41	49	47	43	40	38	33	37	36	35	36	36	34	34	32	30	27	31	35	37	40	40
Пражская улица	Софийская улица	52	54	54	60	60	46	46	49	46	47	49	41	41	42	42	42	35	34	33	35	43	45	47	49
Гамбургская пл.	Гамбургская площадь	44	47	50	42	43	41	36	20	15	14	13	14	15	16	17	16	16	13	15	21	26	31	34	40
Белевский пр.	ул. Седова	63	62	63	61	60	46	55	59	42	39	38	40	48	48	49	49	44	32	34	50	55	58	60	50
улица Седова	улица Бабушкина	47	45	48	51	52	46	40	31	30	27	27	29	27	28	29	29	29	26	26	35	34	36	38	43
улица Бабушкина	Прямой проспект	28	34	30	33	44	30	27	18	15	16	18	21	19	19	18	19	22	20	20	24	22	24	26	31
Прямой пр.	пр. Обуховской Обороны	55	54	49	56	54	53	46	28	23	24	30	37	34	37	36	38	40	37	34	39	42	45	47	52
пр. Обуховской Обороны	Октябрьская наб.	62	63	66	55	60	52	55	23	12	13	26	39	38	43	42	46	47	45	43	47	50	50	54	59
Октябрьская наб.	Дальневосточный пр.	52	51	35	49	40	47	45	24	13	16	29	37	35	36	36	39	38	38	38	42	42	43	45	48
Дальневосточный проспект	проспект Большевиков	39	40	33	37	40	35	35	20	16	19	25	16	14	16	17	19	20	19	20	25	24	26	31	36

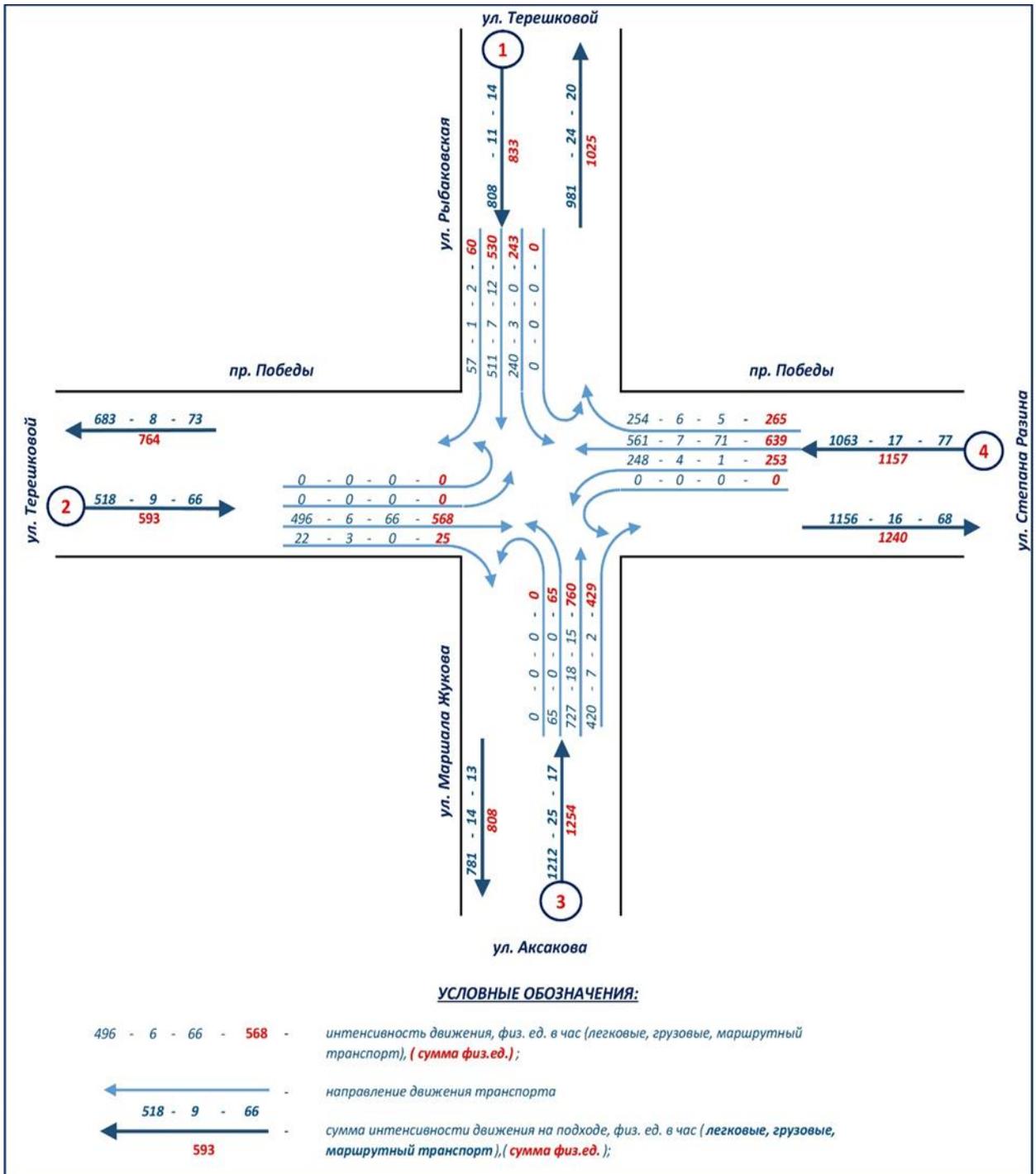
Существующая интенсивность движения в утренний час «пик»



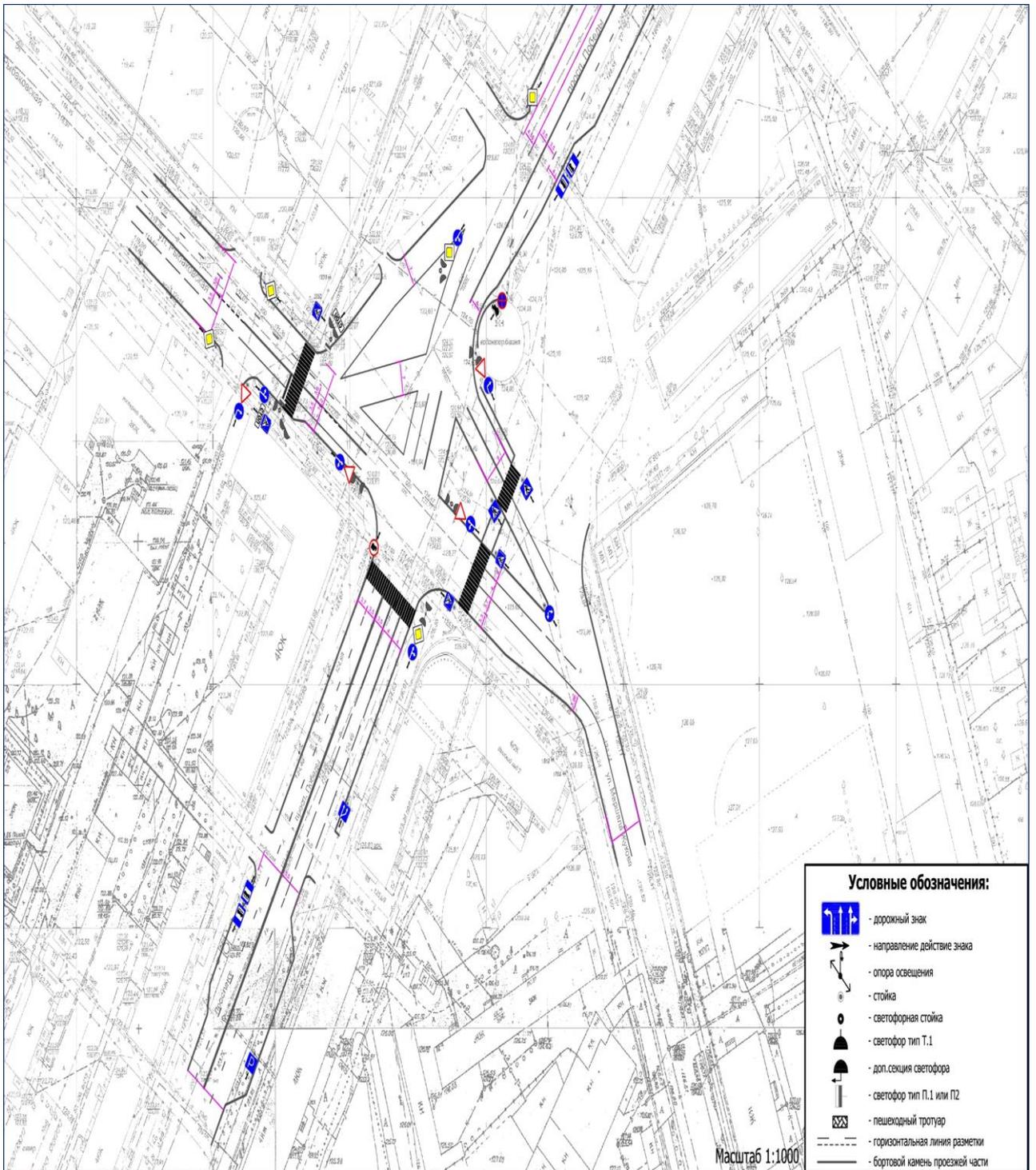
Существующая интенсивность движения в дневной час «пик»



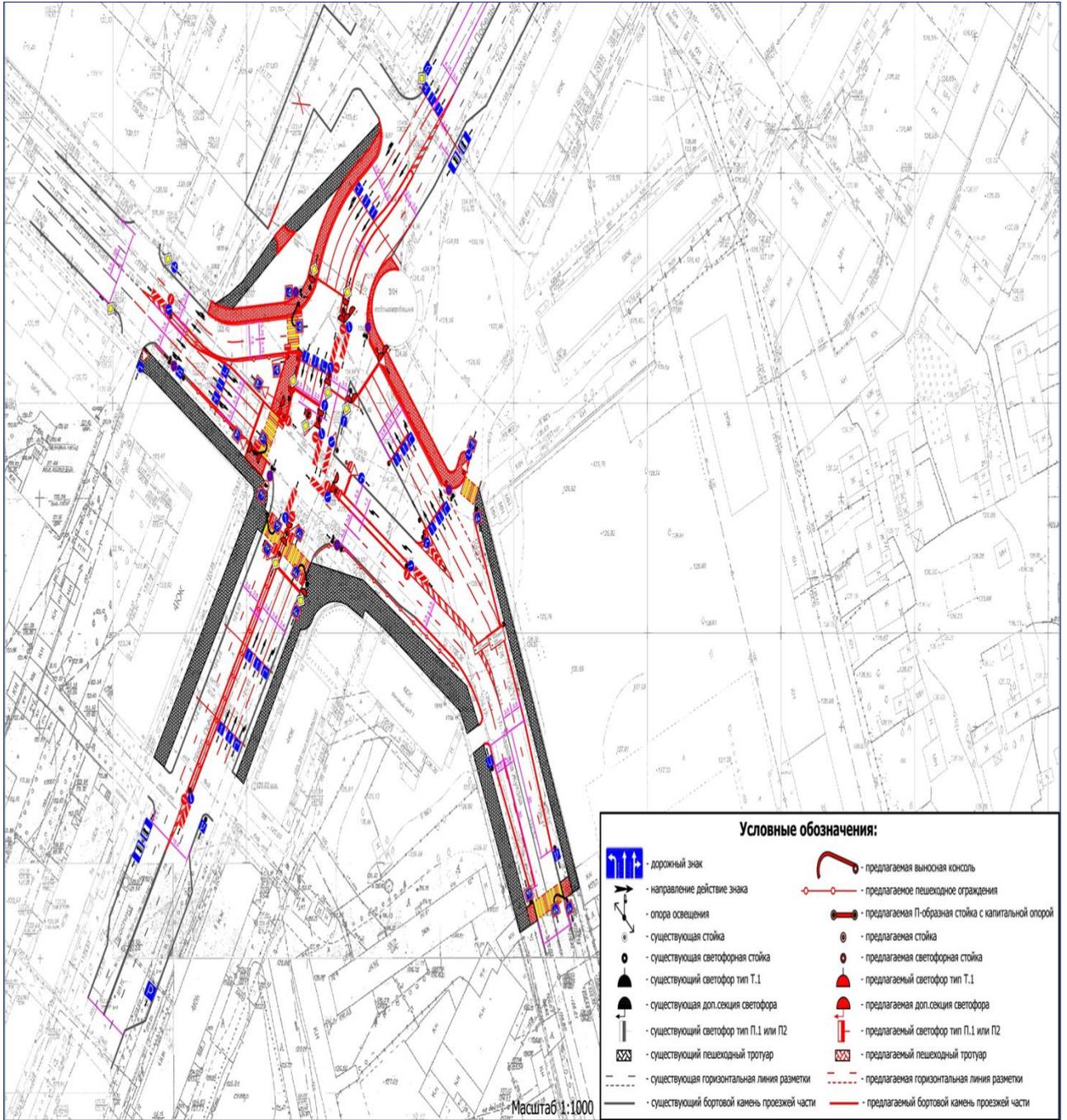
Существующая интенсивность движения в вечерний час «пик»



**Схема организации дорожного движения транспортного узла Пр. Победы –
Рыбаковская ул. – ул. Маршала Жукова**



**Схема организации дорожного движения транспортного узла Пр. Победы –
Рыбаковская ул. – ул. Маршала Жукова после оптимизации**



**Эффект от применения локальных мероприятий на улично-дорожной сети в
утренний час-пик**

№	Тип объекта	Адрес объекта	Мероприятия	Эффект (утренний час-пик)					
				Скорость, км/ч.		Время задержки, среднее значение, с.		Уровень загрузки, %	
				До	После	До	После	До	После
1	Регулируемый перекресток со светофорным объектом	Ул. Худякова – Университетская наб.	Оптимизация сигнального плана	27	37	28,3	12,4	83	72
			Оптимизация длительности промежуточных тактов						
			Обустройство дополнительных стоп-линий						
			Обустройство конструктивно выделенных островков безопасности						
2	Нерегулируемый пешеходный переход	ост. «Плотина»	Обустройство светофорного объекта	27	37	-	11	-	79
			Разработка сигнального плана						
			Обустройство конструктивно выделенных островков безопасности						
3	Регулируемый пешеходный переход	ост. «Городской бор»	Увеличение числа полос с 4 до 6 полос (3+3)	27	37	21,5	11	97	75
			Оптимизация сигнального плана						
			Оптимизация длительности промежуточных тактов						
			Обустройство конструктивно выделенных островков безопасности						

4	Регулируемый пешеходный переход	ост. «Детский комплекс»	Увеличение числа полос с 4 до 6 полос (3+3)						
			Оптимизация сигнального плана						
			Оптимизация длительности промежуточных тактов						
			Обустройство конструктивно выделенных островков безопасности						
5	Регулируемый перекресток со светофорным объектом	Ул. Худякова – Лесопарковая ул.	Увеличение числа полос с 4 до 6 полос (3+3)						
			Оптимизация сигнального плана						
			Оптимизация длительности промежуточных тактов						
			Обустройство конструктивно выделенных островков безопасности						

**Эффект от применения локальных мероприятий на улично-дорожной сети в
вечерний час-пик**

№	Тип объекта	Адрес объекта	Мероприятия	Эффект (вечерний час-пик)					
				Скорость, км/ч.		Время задержки, среднее значение, с.		Уровень загрузки, %	
				До	После	До	После	До	После
1	Регулируемый перекресток со светофорным объектом	Ул. Худякова – Университетская наб.	Оптимизация сигнального плана	27	38	19,6	11,4	53	66
			Оптимизация длительности промежуточных тактов						
			Обустройство дополнительных стоп-линий						
			Обустройство конструктивно выделенных островков безопасности						
2	Нерегулируемый пешеходный переход	ост. «Плотина»	Обустройство светофорного объекта	27	38	-	10,5	-	79
			Разработка сигнального плана						
			Обустройство конструктивно выделенных островков безопасности						
3	Регулируемый пешеходный переход	ост. «Городской бор»	Увеличение числа полос с 4 до 6 полос (3+3)	27	38	81,5	9,5	106	75
			Оптимизация сигнального плана						
			Оптимизация длительности промежуточных тактов						
			Обустройство конструктивно выделенных островков безопасности						

4	Регулируемый пешеходный переход	ост. «Детский комплекс»	Увеличение числа полос с 4 до 6 полос (3+3)						
			Оптимизация сигнального плана						
			Оптимизация длительности промежуточных тактов						
			Обустройство конструктивно выделенных островков безопасности						
5	Регулируемый перекресток со светофорным объектом	Ул. Худякова – Лесопарковая ул.	Увеличение числа полос с 4 до 6 полос (3+3)						
			Оптимизация сигнального плана						
			Оптимизация длительности промежуточных тактов						
			Обустройство конструктивно выделенных островков безопасности						

Эффективность предложенных в КСОДД СПб мероприятий

Мероприятие	Количество применений	Средний эффект от использования	
		Экономия на времени проезда, %	Увеличение количества транспортных средств, %
Корректировка режима работы и схемы разъезда СО	57	7,8	1,5
Перенос стоп-линий с целью сокращения расстояния до дальней конфликтной точки	15	16,4	3,5
Обустройство или реконструкция заездного кармана для остановки общественного транспорта	13	6,2	3,6
Организация двухсторонней велодорожки	13	6	0,7
Устройство островков безопасности	13	9	3,6
Физическое обособление трамвайного пути	10	7,7	- 4,3
Оптимизация траектории движения на перекрестке	10	18,5	3,7
Перенос и организация безопасных остановочных пунктов общественного транспорта	9	13,2	2,4
Организация односторонней велодорожки / велополосы	9	16,7	- 0,4
Перенос пешеходных переходов	9	15,4	4,1
Канализирование транспортного потока	6	19,1	3,4
Организация переходов для велосипедистов	6	7	2,2
Отмена левого поворота	4	18,9	2,2
Увеличение количества полос для движения	4	11,8	3,4
Организация выделенной полосы для общественного транспорта	4	3,3	2,5
Введение одностороннего движения	3	23,5	- 11
Организация левого поворота с двух полос	2	4,7	2
Уширение тротуара	2	26	- 10
Координация 2-х светофорных объектов на узлах	1	20	1,4
Ликвидация трамвайной остановки	1	4,4	3,3
Запрет правого поворота	1	9	3
Демонтаж пешеходного светофорного объекта	1	35	6
Устройство пешеходного перехода	1	16	3,2

Ликвидация кругового движения на узле	1	- 48	4,9
Демонтаж железнодорожных путей	1	25,3	4
Запрет стоянки и остановки	1	7	8
Оптимизация режима работы по методу средних скоростей на подходах к перекрестку	1	36	5
Ликвидация затора на соседнем участке (Литейный мост)	1	38	11

Акт внедрения Методики повышения уровня обслуживания дорожного движения в городских условиях в практику транспортного планирования компанией Simetra (A+S ТРАНСПРОЕКТ) при разработке комплексных схем организации дорожного движения

SIMETRA
ЗАДАВАТЬ КРАСОТУ ДВИЖЕНИЯ

В диссертационный совет Д 212.223.02
Санкт-Петербург, 2-я Красноармейская ул., д. 4

АКТ

о практическом применении полученных результатов диссертационного исследования Черных Н.В. на тему «Методика повышения уровня обслуживания дорожного движения в городских условиях»

Настоящим Актом удостоверяется, что компанией SIMETRA (ООО «А+С Транспроект») были изучены теоретические разработки и практические рекомендации диссертационного исследования Черных Н.В., в том числе алгоритм формирования опорной улично-дорожной сети, комплекс мероприятий по повышению уровня обслуживания дорожного движения, научно-практические рекомендации по внедрению Методики в практику транспортного планирования.

Результаты диссертационного исследования Черных Н.В., а именно «Методика повышения уровня обслуживания дорожного движения в городских условиях» были применены компанией SIMETRA (ООО «А+С Транспроект») при разработке комплексных схем организации дорожного движения (КСОДД) городов Оренбург и Челябинск.

Предложенные в диссертационном исследовании рекомендации доказали свою практическую эффективность и могут быть использованы в практике транспортного планирования и моделирования, в том числе при разработке КСОДД других городов.

Генеральный директор
02.09.2020г.



В.Л. Швецов

Генеральный директор	Адрес	Тел./Факс	(812) 702-13-35	Банковские реквизиты	ИНН 7841446798
ООО «А+С Транспроект»	191014, г. Санкт-Петербург,	Email	spb@simetrargroup.ru	Р/с 40702810939040002615	КПП 784101001
Владимир Л. Швецов	Саперный пер., д. 5А, лит. Б	Web	www.simetrargroup.ru	БИК 044030704	

Справка о внедрении Методики повышения уровня обслуживания дорожного движения в городских условиях в учебный процесс при подготовке студентов по направлению подготовки 23.03.01 – Технология транспортных процессов

УТВЕРЖДАЮ



Проектор по научной работе ФГБОУ
ВО «Санкт-Петербургский
государственный архитектурно-
строительный университет»

Ирина Валерьевна Дроздова
Дроздова Ирина Валерьевна

« 14 » сентября 2020г.

СПРАВКА О ВНЕДРЕНИИ

Выдана старшему преподавателю кафедры транспортных систем СПбГАСУ Черных Н.В. для предоставления в диссертационный Совет, свидетельствующая о том, что результаты диссертационной работы на соискание степени кандидата технических наук по теме «Методика повышения уровня обслуживания дорожного движения в городских условиях» используются в процессе обучения студентов по направлению подготовки «Технология транспортных процессов» (23.03.01) в дисциплинах «Транспортные системы мегаполисов» и «Организация дорожного движения».

Декан автомобильно-дорожного факультета,
к.т.н., доцент

А.В. Зазыкин