

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ
ФЕДЕРАЦИИ

федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования

«Тольяттинский государственный университет»

ИНСТИТУТ ЭНЕРГЕТИКИ И ЭЛЕКТРОТЕХНИКИ

Кафедра «Промышленная электроника»

11.03.04 Электроника и наноэлектроника

(код и наименование направления подготовки, специальности)

Промышленная электроника

(наименование профиля, специализации)

БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА

на тему Интеллектуальная система контроля дорожного движения

Студент(ка)

Герасимов Я. О.

(И.О. Фамилия)

(личная подпись)

Руководитель

Глибин Е. С.

(И.О. Фамилия)

(личная подпись)

Консультанты

(И.О. Фамилия)

(личная подпись)

(И.О. Фамилия)

(личная подпись)

Допустить к защите

Заведующий кафедрой к.т.н., доцент А.А. Шевцов

(ученая степень, звание, И.О. Фамилия)

(личная подпись)

« _____ » _____ 20 _____ г.

Тольятти 2016

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Тольяттинский государственный университет»

ЭНЕРГЕТИКИ И ЭЛЕКТРОТЕХНИКИ

(институт)

ПРОМЫШЛЕННАЯ ЭЛЕКТРОНИКА

(кафедра)

УТВЕРЖДАЮ

Завкафедрой Промышленная электроника

_____ Шевцов А.А.
(подпись) (И.О. Фамилия)

« ____ » _____ 20__ г.

ЗАДАНИЕ

на выполнение бакалаврской работы¹

Студент Герасимов Я.О.

1. Тема Интеллектуальная система контроля дорожного движения
2. Срок сдачи студентом законченной выпускной квалификационной работы 30.05.16
3. Исходные данные к выпускной квалификационной работе Разработать децентрализованную систему управления светофором, выполняющую автоматическое переключение света в зависимости от интенсивности транспортного потока. Система должна осуществлять регулирование дорожного движения с помощью двух трехцветных перпендикулярных светофоров, конструктивно размещенных на одном столбе. Один из светофоров горит зеленым до тех пор, пока на прилегающей проезжей части не появляется транспортное средство, другой светофор красным и наоборот. Питание системы осуществляется солнечными батареями.
4. Содержание выпускной квалификационной работы (перечень подлежащих разработке вопросов, разделов)
Архитектура интеллектуальной транспортной системы, обзор аналогов, разработка структурной схемы, выбор элементов интеллектуальной системы, разработка

¹ Бакалаврской работы, дипломной работы, дипломного проекта

принципиальной схемы, разработка алгоритма работы системы, экономическая эффективность, безопасность и экологичность проекта.

5. Ориентировочный перечень графического и иллюстративного материала

1. Архитектура интеллектуальной транспортной системы
2. Структурная схема
3. Принципиальная схема
4. Печатная плата
5. Сборочный чертеж
6. Блок-схема алгоритма

6. Консультанты по разделам

7. Дата выдачи задания « » 2016 г.

Руководитель выпускной
квалификационной работы

Е.С. Глибин

(подпись)

(И.О. Фамилия)

Задание принял к исполнению

Я.О. Герасимов

(подпись)

(И.О. Фамилия)

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего профессионального образования

«Тольяттинский государственный университет»

ИНСТИТУТ ЭНЕРГЕТИКИ И ЭЛЕКТРОТЕХНИКИ

Кафедра «Промышленная электроника»

Аннотация к бакалаврской работе

на тему «Интеллектуальная система контроля дорожного движения»

студента Герасимова Ярослава Олеговича

Общий объем бакалаврской работы - 73 стр., в ней использованы таблицы – 12 шт., рисунки – 20 шт.

В данной работе разработана система управления светофором, выполняющая автоматическое переключение света в зависимости от интенсивности транспортного потока.

Структура работы представлена введением, десятью главами, заключением, и списком литературы.

Во введении определены актуальность темы, цели и задачи. В заключении сделаны выводы о проделанной работе.

Объект – интеллектуальная система контроля дорожного движения. Цель – создать такую систему для города Тольятти.

В первой главе рассказано об архитектурах интеллектуальных транспортных систем.

Во второй главе приводится обзор имеющихся аналогов данных систем.

В третьей главе приведены примеры интеллектуальных систем управления транспортными потоками.

Практическая ценность дипломной работы заключается в том, что была

разработана система, значительно упрощающая передвижение по проезжим частям.

Оглавление

Введение.....	7
1. Архитектура Интеллектуальной транспортной системы (ИТС).....	10
1.1 Физическая и коммуникационная архитектура	12
1.2 Процессы ИТС	15
1.3 Иерархическая структура ИТС.....	16
1.4 Современный уровень развития ИТС в регионах и городах	17
1.5 Мировой опыт становления и развития ИТС.....	21
1.6 Информация и навигация.....	21
1.7 Управление с учётом насыщенности дорожного движения.....	22
1.8 Особенности современных систем управления транспортными потоками.....	29
2. Обзор аналогов интеллектуальных систем организации дорожного движения в населенных пунктах и на автомагистралях.....	33
2.1 Линейное управление	33
2.2 Основные цели системы дорожного линейного управления движением	33
2.3 Управление въездом на автомагистраль.....	35
3. Интеллектуальные системы управления транспортными потоками.....	36
8.1 Методы приобретения информации	39
8.1.1 Датчики транспортного потока	39
8.1.2 Автоматизированные дорожные метеостанции	40
8.1.3 Дорожные контроллеры.....	40
4. Альтернативные методы контроля дорожного движения.....	42
4.1 Практика введения платы за использование личного автомобиля за границей.....	44
5. История развития светофоров	45
6. Современные тенденции в разработке светофоров.....	47
7. Принцип и режимы работы светофора.....	49
7.1 Режим «Статического управления»	49
7.2 Режим «Динамического управления».....	49
8. Использование ИТС в городе Тольятти	52
8.1 Разработка светофора в режиме «Динамического управления».....	52
8.2 Обзор контроллера Arduino Uno и аналогов.....	52

8.3	Обзор датчика расстояния SHARP-GP2Y0A710K0F	57
8.4	Разработка структурной схемы проекта	59
8.5	Разработка алгоритма работы системы	60
9.	Экономическая эффективность проекта	65
10.	Безопасность и экологичность проекта.....	67
10.1	Производственная охрана труда	67
10.2	Экологическая безопасность при утилизации электрооборудования.....	68
	Заключение.....	70
	Список литературы.....	71

Введение

Транспортировка входит в один из секторов, который существенно влияет на социально-экономическое развитие и повышение уровня жизни населения. Транспортная структура каждой страны очень уязвима, и если она подвергается нападению, получает урон или разрушается, то структура может быть недоступна в течение длительного времени. В последние годы мир сталкивался с разрушением транспортной структуры в результате стихийных бедствий (наводнения, пожары, землетрясения), преднамеренных нападений или несчастных случаев, которые непосредственно связаны с эксплуатацией транспортных систем (дорожно-транспортные происшествия, выбросы опасных веществ). Вопрос о совершенствовании защиты важнейших объектов инфраструктуры по-прежнему очень важен. Эксперты ищут новые возможности, пути и эффективные решения для минимизации угроз.

Интеллектуальные транспортные системы могут быть применены в каждом транспортном режиме (автомобильный, железнодорожный, воздушный, водный). Компьютеры, электроника, спутники и датчики играют все более важную роль в наших транспортных системах. Основным нововведением является интеграция существующих технологий для увеличения функционала. Интеллектуальные транспортные системы, такие как программное обеспечение для управления дорожным движением и камеры слежения могут помочь в защите транспортных систем и инфраструктуры от всех видов угроз.

На данный момент существует необходимость в разработке единой государственной стратегии, которая будет определять направление развития и техническое регулирование транспортных систем, учитывая опыт страны.

Существующие и разрабатываемые технические решения для оповещения и контроля транспортно-дорожного комплекса эффективны, но только для узкого перечня задач, а отсутствие единых государственных

стандартов разработки подобных систем затрудняет их производство. Совокупность организации дорожного движения, безопасности дорожного движения, а также предоставления информации для участников дорожного движения, получила название – «Интеллектуальная Транспортная Система» (ИТС). Главной задачей ИТС является обеспечение и поддержка автоматического взаимодействия всех участников транспортного движения в реальном времени. Фактически ИТС представляет собой совокупность подсистем, для оперативного управления транспортными службами. Развертывание ИТС не представляется возможным без специальной среды связи, учитывающей все виды связевого взаимодействия. Эти взаимодействия учитывают проводные (скоростные оптоволоконные сети) и беспроводные (радио и транкинговая связь, Интернет) стандарты связи. Проектирование, строительство и расширение ИТС должно опираться на научные принципы определения эффективности ИТС в конкретно заданном регионе. Одновременно, данные ИТС могут использоваться для создания отчетов по затратам на обслуживание, реконструкцию дорог, а также с целью доказать целесообразность строительства новых участков дорог. В мировой практике ИТС признаны как эффективный способ интеграции достижений телематики во все виды транспортной деятельности, а так же для решения проблем, возникающих во время движения транспорта – сокращения аварийности, повышения эффективности грузоперевозок и общественного транспорта.

Таблица 1 – Текущие подразделения ИТМ

Подразделения
Архитектура
Системы возврата угнанных транспортных средств;

Продолжение таблицы 1

Общественный транспорт

Управление стоянками и парковками
Общественная ближняя связь
Интерфейс человек/машина
Автоматическая идентификация транспортных средств
Широкополосная связь/протоколы и интерфейсы

Поскольку в Российской Федерации в данный момент нет однозначного определения для ИТС, оно будет приведено ниже.

Интеллектуальная транспортная система (ИТС) – это транспортная система, в которой современные средства передачи информации, связи, регистрирования и систем управления, включая интернет, применены для повышения уровня безопасности, устойчивости, эффективности и комфорта.

Подсистема ИТС – это технологическое решение одной конкретной задачи, которое реализовано на основе технических средств телематики. Подсистема ИТС должна включать в себя модули получения данных, обработки и принятия решений, исходя из полученных данных.

1. Архитектура Интеллектуальной транспортной системы (ИТС)

Формирование архитектуры ИТС – это процесс, который происходит во время проектирования системы, согласно требованиям заказчика. Он представляет собой формирование комплексного представления о функциональной и технической структуре, зональных параметрах и уровнях совместимости транспортно-телематических систем (подсистем ИТС), чтобы обеспечить мобильность населения и использование дорожной сети при заданном уровне транспортной и экологической безопасности.

Функциональная архитектура локального проекта интеллектуальной транспортной системы (ЛП ИТС) (Рисунок 1) определяет функции отдельных элементов, модулей и подсистем, включая связи между ними. Она вырабатывается с учетом специфики обслуживания ИТС. Отдельные подсистемы функциональной архитектуры содержат ряд процессов, из которых складываются так называемые телематические приложения.

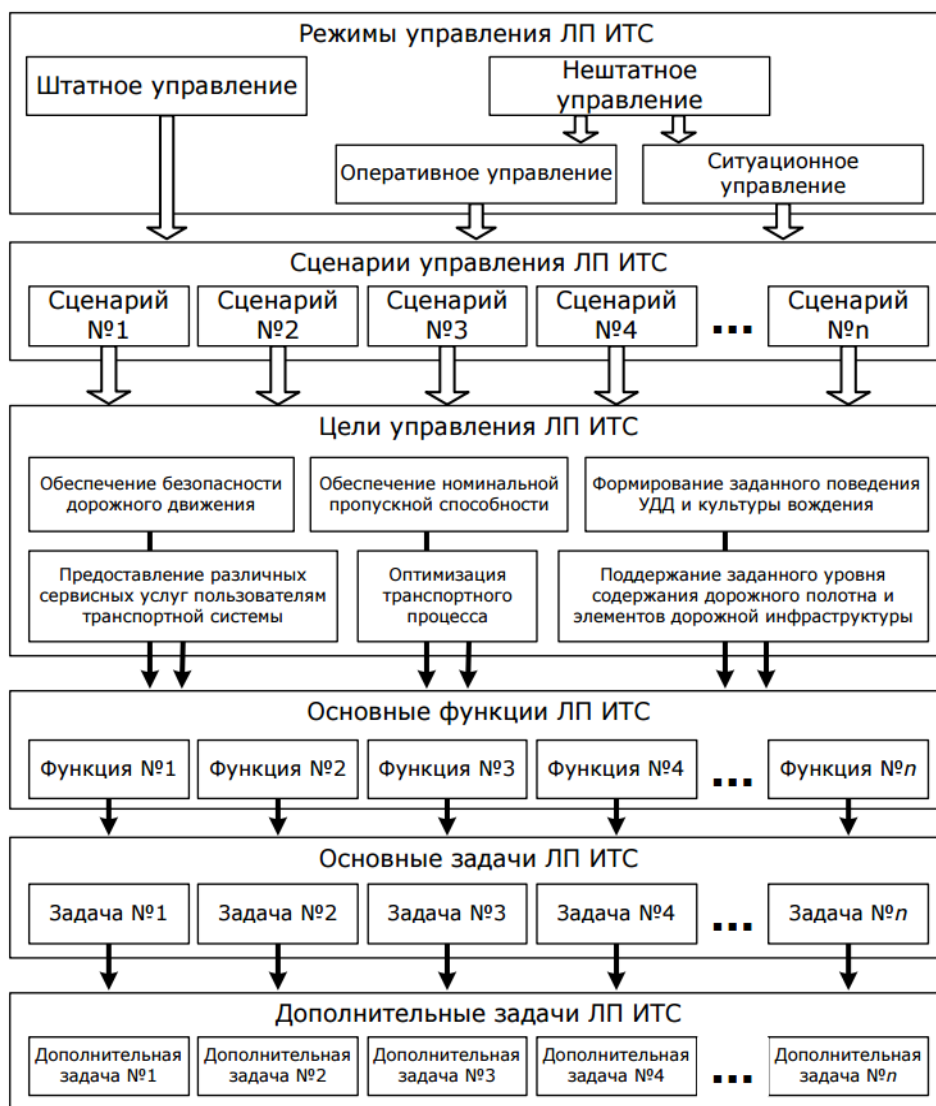


Рисунок 1 - Функциональная архитектура ЛП ИТС

Составной частью задач функциональной архитектуры ИТС является информационная архитектура системы, которая дает точное описание информационных процессов во всех подсистемах и телематических приложениях, включая требования к входным и выходным информационным данным. Информационная архитектура может отличаться в различных подсистемах ИТС.

1.1 Физическая и коммуникационная архитектура

Физическая и коммуникационная архитектура определяет требования, к программному обеспечению и технической составляющей (Рисунок 3). Критерием для принятия решений является функциональность, безопасность, надежность и не в последнюю очередь общие расходы, связанные с приобретением и эксплуатацией системы.

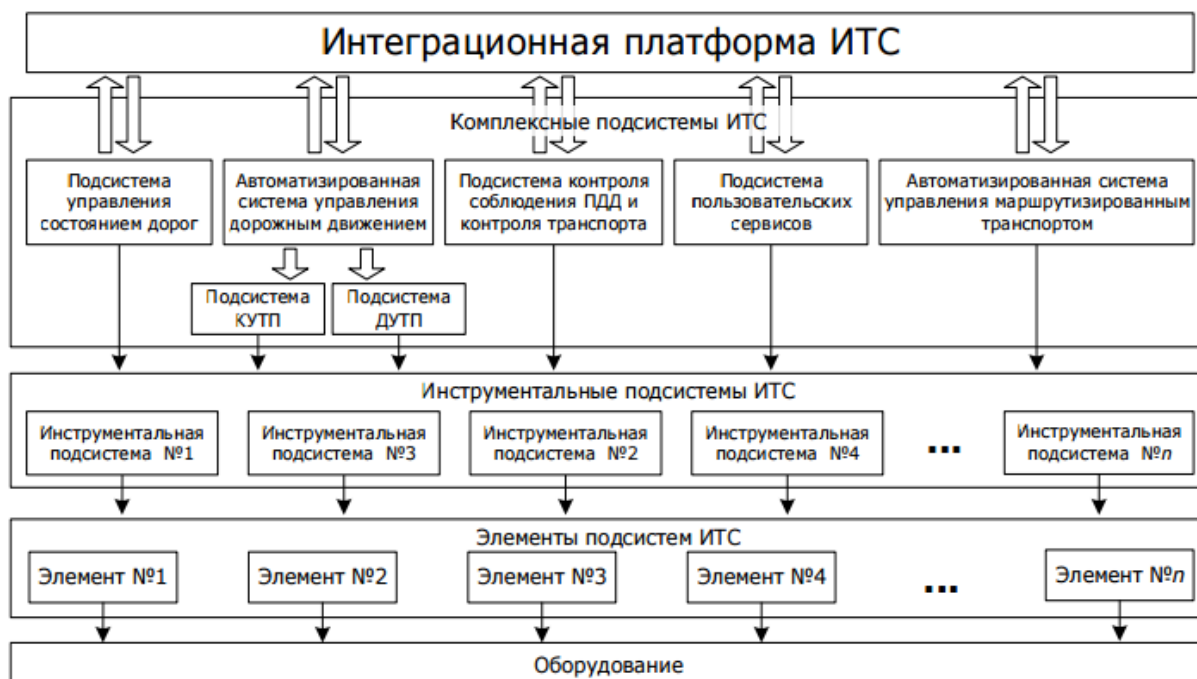


Рисунок 2 - Физическая архитектура ИТС

Физическая архитектура первого уровня обусловлена выбором датчиков и исполнительных элементов (Таблица 1). Между первым и вторым уровнем осуществляется передача самых важных данных, которая в большинстве случаев связана с безопасностью дорожного движения и управлением транспортными потоками. Передача между первым и вторым уровнями обычно обеспечивается с помощью собственной специальной телекоммуникационной среды, которая должна гарантировать защищенность, доступность и надежность передаваемой информации.

Таблица 2 – Примеры датчиков и исполнительных элементов

Наименование датчиков и исполнительных элементов
Детекторы транспортных потоков
Автоматические дорожные метеостанции
Информационное табло
Знаки переменной информации
Телекамеры поворотные
Телекамеры стационарные
Тревожная кнопка
Дорожные светофорные контроллеры
Пункты детекции скоростных режимов

Второй уровень обрабатывает данные и осуществляет зональное управление. Он образуется в основном вычислительной техникой, которая определяется требованиями к обрабатываемой информации. Телекоммуникация между вторым и третьим уровнями реализуется в соответствии с требованиями конкретных процессов. Эти требования весьма разнообразны. Обычно предполагается, что приблизительно половина информации передается без требований к надежности, доступности и защищенности, в то время как передача второй половины должна гарантировать удовлетворение этих требований. Третий уровень определен информационными технологиями управления и логистики крупнейших транспортных областей. Выбор программного обеспечения и аппаратных средств осуществляется исходя из требований отдельных процессов. Телекоммуникационная среда между третьим, четвертым и пятым уровнями в подавляющем большинстве случаев образуется обычной средой одного из

существующих операторов постоянных сетей. Передача в транзитном слое телекоммуникационных сетей отличается особенно высокой степенью доступности и вообще высоким качеством среды. Однако необходимо обеспечить защиту системы от злоупотребления, хранящейся и передаваемой информации.

1.2 Процессы ИТС

Подсистемы ИТС включают в себя ряд процессов. Каждый процесс характеризуется функциями и параметрами, которые определяют формат входной и выходной информации, так же формат способов обработки информации.

Формат входной информации некоторых процессов включает в себя частоты входной информации и определение интерфейсов входной информации.

Формат способов обработки информации определяет защищенность и надежность данных во время обработки информации, а так используемые алгоритмы.

Для надежного функционирования телематических приложений следует синхронизировать отдельные процессы. Эта синхронизация может быть кодовая, чтобы обмен информации происходил по согласованным протоколам, временная для приведения массива информации к единой шкале времени, и пространственная, которая требует, чтобы информация была отнесена к единой общей точке пространства (например, к местоположению транспортных средств или товара при мультимодальных перевозках).

Опорные технологии ИТС используют выходы отдельных частных процессов, которые синхронизированы во времени, по коду и в пространстве. К опорным технологиям ИТС относятся, например, поддержка транспортного планирования, информация водителей легковых автомобилей, электронный сбор оплаты за проезд на автомагистралях, управление общественным транспортом и управление перевозками грузовыми транспортными средствами.

1.3 Иерархическая структура ИТС

Иерархическая структура ИТС является основой для оптимальной архитектуры цены и охватываемого пространства. Поэтому следует искать такую модель иерархической структуры, которая будет учитывать различные требования к защищенности, надежности и доступности сбора, передачи и обработки информации.

На рисунке 2 изображена основная схема иерархической структуры ИТС. Первый слой представляет собой самый низкий уровень системы, который образован детекторами и исполнительными элементами. В нем проводится сбор данных, и принимаются решения по управлению. Второй слой характеризует оперативное управление небольшими участками транспортных сетей, отдельных терминалов или транспортных средств. Третий слой характеризует всю транспортную сеть больших участков и, в большинстве случаев, речь идет об обработке, унификации и извлечении информации из подсистем второго слоя. Четвертый слой отражает государственную транспортную политику и ее необходимых части, как например, создание фонда развития транспорта, финансирование транспортной инфраструктуры, нагрузка транспортной инфраструктуры, оценка потерь от происшествий, статистическая обработка данных и т.д.



Рисунок 3 - Иерархическая структура информационной архитектуры транспортной телематической системы

Телематические элементы можно рассматривать как источник информации для определения этих параметров. Пятый слой представляет европейский (мировой) уровень и транспортную политику стран – членов Европейского Союза (либо глобальную транспортную политику).

1.4 Современный уровень развития ИТС в регионах и городах

ИТС в городах используются в основном в двух направлениях – повышение пропускной способности транспортной сети и повышение безопасности участников дорожного движения. Для транспортных устройств управления, которые управляют конкретными транспортными узлами или перекрестками, используется управление на уровне области, которое может реагировать на моментальную ситуацию в транспортной сети и оптимизировать ее пропускную способность. В случае чрезвычайных

обстоятельств, дорожно-транспортных происшествий, используются различные методы автоматического или экспертного управления. В современном понимании, в связи с развитием транспортной телематики, управляющая система города не является только системой управления транспортом на перекрестках с помощью светофоров. Она оборудована и другими системами и устройствами: информационные дисплеи наряду с коммуникацией дают водителям возможность выбирать варианты пути движения; кодированная информация, в том числе, передается с помощью канала транспортных сообщений «Traffic Message Channel» на дисплеи транспортных средств. При этом особое внимание уделяется дорожно-транспортным происшествиям, заторам и т.п. Наведение на место стоянки и последующее использование городского общественного пассажирского транспорта уменьшают нагрузку транспортной сети в центре города так же, как и прогрессивный электронный платеж на подъездах к центру городов. Данные специальные технологии описаны ниже. Реализация подсистемы ИТС в обеспечении организации и безопасности дорожного движения обеспечивается через автоматизированные системы управления дорожным движением (АСУД), а также с использованием систем не директивного управления транспортными потоками, опирающимися на принципы предоставления участникам дорожного движения соответствующей информации. Помимо базовых функций по организации и обеспечению безопасности дорожного движения в задачи данных подсистем входит следующее:

1. Предупреждение об авариях;
2. Помощь водителю при наличии слепых зон (перекрёстки и др.);
3. Предоставление права преимущественного проезда автомобилям экстренных служб;
4. Предупреждение о движении автомобиля экстренных служб;
5. Внешнее ограничение скорости;
6. Предупреждение о тумане;

7. Предупреждение об обледенелой дороге;
8. Предупреждение о движении на опасном участке;
9. Интеллектуальное управление съездами на развязках;
10. Интеллектуальное светофорное регулирование;
11. Система предупреждения о возможном столкновении на перекрёстке;
12. Предупреждение об ограничении допустимой высоты транспортного средства;
13. Предупреждение об отсутствии мест на парковке;
14. Помощь при слиянии транспортных потоков;
15. Информация от пешеходных переходов;
16. Управление автомобилем для предотвращения столкновений на пешеходных переходах;
17. Предупреждение на железнодорожных переездах;
18. Предупреждение о состоянии дороги;
19. Предупреждение о возможном перевороте автомобиля (уклон, ветер и др.)
20. Дублирование дорожных знаков на дисплее автомобиля;
21. SOS-сервисы;
22. Рекомендации по выбору скорости;
23. Управление скоростными ограничениями;
24. Система помощи при начале движения от стоп – линии;
25. Предупреждение о нарушении правил светофорного регулирования;
26. Предупреждение о сигнале светофора;
27. Маршрутное ориентирование;
28. Перенаправление транспортных потоков;
29. Управление в экстренных ситуациях;
30. Принуждение к соблюдению правил;
31. Системы управления транспортом в случае ДТП;

32. Управление дорожным движением в местах проведения дорожных работ;
33. Предупреждение о проведении дорожных работ;
34. Системы адаптивного управления скоростными режимами в зависимости от изменяемых погодных-климатических условий;

1.5 Мировой опыт становления и развития ИТС

Одним из крупных европейских проектов, реализованных для управления в городской местности, был мюнхенский COMFORT, который был запущен в 1991 году. COMFORT первый начал учитывать сети автомагистралей для координации транспорта в центре города. Активация навигационных и информационных систем зависит от загруженности транспортных потоков. Алгоритмы управления дают оценку загруженности дороги, после чего настраивают работу светофоров, прогнозируют нагрузку в будущем и распределяют транспортные средства по менее загруженным участкам дороги.

Анализ работы данного проекта показал, общее количество дорожно-транспортных происшествий снизилось примерно на треть, что позволило окупить проект через два года.

Данных, которые поступают от датчиков в транспортных узлах, может быть недостаточно, поэтому в проектах QUARTET PLUS и EUROSCOPE испытали новые системы видеодектирования, алгоритмы определения скорости транспортных средств и прогнозирующие алгоритмы. Результаты проектов выявили слабости прогнозирующих алгоритмов и определили вектор дальнейшего развития.

1.6 Информация и навигация

Постоянно растёт роль систем, которые могут доносить информацию до водителей с помощью дорожных знаков и дисплеев. Водитель выбирает наименее заполненные маршруты, что сильно уменьшает количество пробок. Проекты в данной области (AUSIAS, CAPITALS, CONCERT, CLEOPATRA, COSMOS, EUROSCOPE, TABASCO) были направлены на изучение

поведения транспортной сети и на определение оптимальных стратегий управления.

Исследования показали, что от степени информированности людей зависит их поведение. Введение Traffic Flow Information систем привело к сокращению времени поездки на 17%.

Управление на въезде на магистральные дороги обычно использовалось в городах, где оно должно было предотвратить образование заторов. Однако, заторы очень часто возникают на автомагистралях и на дорогах, соединяющих городские районы. В таком случае очень важной является интеграция управления на въезде с общегородской системой управления движением транспортных потоков. Проект TABASCO продемонстрировал управление транспортом на въезде (Ramp Metering), вместе с транспортной информацией и навигацией посредством TFIS, управлением транспортом с помощью оптической сигнализации в Глазго. Метод Ramp Metering значительно повысил пропускную способность дорог (5% – автомагистрали, 13% – городская сеть). Кроме того, система привела к улучшению поведения водителей, а, следовательно, и к уменьшению количества ДТП.

1.7 Управление с учётом насыщенности дорожного движения

Этот вид управления важен для обеспечения быстрой проходимости дорожного трафика. Уровень требуемой проходимости обеспечивается различными телематическими системами. Примером проекта, работающего в данном режиме, может служить проект CAPITALS, который регулирует насыщенность в центре города, управляя транспортными потоками.

Данная система также даст возможность определения времени движения и получения информации о наличии свободных мест на стоянках.

В 1990-х годах в США были четко сформулированы основные этапы по решению проблем развития и внедрения автоматизированной системы управления дорожным движением (АСУД):

- математическое моделирование движения автомобилей и транспортных потоков (так называемое микро- и макро моделирование);
- единая система информации;
- электронная система выбора и указания маршрута;
- система оказания помощи водителям;

Эти этапы реализовывались путем установки детекторов транспорта, информационных знаков и табло, светофорных объектов, объединенных в единую сеть и управляемых посредством Центров управления. В настоящее время вся сеть автомобильных магистралей, примыкающих к крупным городам в США, оснащена АСУД. В Японии практически вся дорожная сеть, как в городах, так и на трассах, оборудована ИТС различной степени сложности.

В современной практике принято относить АСУД к одному из четырех поколений. Поколения указаны в таблице 3.

Таблица 3 – Поколения автоматизированных систем управления дорожным движением

Поколения	Описание поколения
1	Ручное вычисление и ввод управляющих параметров в АСУД
2	Автоматическое вычисление, ручной ввод параметров в АСУД
3	Автоматический расчет и ввод параметров в АСУД, управление зависит от заранее рассчитанных временных таблиц
4	Автоматический расчет и ввод параметров в АСУД, управление происходит в реальном времени

Стоит отметить, что главной составляющей здесь является управляющий алгоритм. Естественно, это не означает, что остальными функциями можно пренебречь. Это лишь подчеркивает, что в текущих реалиях при разработке АСУД в приоритете находится не столько аппаратура, сколько методы реагирования на изменения транспортной ситуации. Использование заранее рассчитанных планов координации (поколения 1–2) не позволяет оперативно реагировать на случайные изменения в транспортных потоках, но крайне эффективны в городских условиях с большим количеством дорог. В настоящее время представляют интерес только АСУД 3-го и 4-го поколений. Рассмотрим распространенность и работу подобных АСУД. На данный момент АСУД 3-го и 4-го поколений установлены в нескольких десятках крупных городов (Токио, Гонконг, Мадрид и т.д.). Важнейшей составляющей АСУД является система информирования участников движения, особенно глобально распространившаяся с развитием интернет-сетей. В последние годы находят все большее распространение системы, прогнозирующие среднюю скорость и время проезда по тем или иным маршрутам. Подобные системы оказывают весьма существенное воздействие на перераспределение транспортных потоков.

Технологии ИТС, имеющие наибольшую экономическую выгоду, будут внедряться в первую очередь. Самая экономически эффективная на данный момент технология – технология обнаружения ДТП. Далее идут технологии управления транзитным движением и въездом на автобаны. Наименее экономически эффективная технология – поощрение использования общественного транспорта и охрана окружающей среды.

Стоит отметить японские успехи в создании автоматизированных систем управления. В 1970 году в Японии была введена национальная политика, регулирующая использование наиболее сложных систем управления движения, которые должны контролироваться государственным институтами. Сделано это было для того, чтобы уменьшить количество

заторов на дороге, тем самым существенно снизить экологическую нагрузку на регионы, с большим транспортным потоком. Системы разрабатывались в течение пятилетних планов. В результате действия данной политики, на текущий момент большинство главных дорог страны оборудованы ИТС.

Таблица 4 –Вложения денежных средств Японии в создание ИТС

Временной промежуток	Денежные вложения
1985 – 1992 гг.	1,8 млрд долл. США
1993 – 1997 гг.	690 млн долл. США

Методы контроля дорожного движения в режиме реального времени (on-line) используются, если транспортная сеть испытывает слишком большие нагрузки. Примером использования подобной системы контроля могут служить австралийская система SCATS и английская система SCOOT. В систему управления транспортными потоками также включено управление ремонтом и проверка состояния автомобильных дорог. Большое количество пробок так же является причиной малой популярности общественного транспорта. Из-за чего из бюджета нужно выделять специальные средства для увеличения количества людей, использующих данный вид транспорта. Речь идёт о создании специальных дорог, предназначенных только для общественного транспорта, информационных систем для пассажиров, как на остановках, так и непосредственно в самом транспорте. Успешной реализацией подобной системы можно считать австралийский проект SCATS.

Из-за ежегодного увеличения транспортных средств на дорогах остро встаёт вопрос наличия парковочных мест. В данном вопросе ИТС можно использовать для информирования водителей о ближайшем свободном парковочном месте. Информацию доводят до водителей с помощью электронных табло и радиоканалов. На Тайване нашли широкое применение схожих ИТС. Изначально, в качестве эксперимента, используя ИТС, там

соединили шесть парковок. Эксперимент был признан удачным, что послужило толчком для повсеместного использования алгоритмов нахождения свободных парковочных мест. Положительный отклик был и со стороны населения.

Важная информация о работе ИТС – эффективность системы, может быть получена использованием экспертных алгоритмов. Объединяя экспертные алгоритмы в систему, можно определять эффективность решений ИТС в различных дорожных ситуациях в реальном времени. Полученную информацию можно использовать для разработки оптимальных сценариев управления дорожным движением. Экспертные системы так же можно использовать для мониторинга скорости транспортного потока и прогнозирования возможных опасностей.

Таблица 5 – Градация опасных ситуаций в зависимости от скорости транспортного потока

Процент отклонения от средней скорости потока	Принимаемые меры
Менее 10%	Предупреждение о потенциальной опасности
От 10% до 20%	Предупреждение о потенциальной опасности и донесение информации о рекомендуемом скоростном режиме
Более 20%	Принудительное ограничение скорости движения

Экспертные системы используются на более 1000 км дорог Тайваня.

Важным государственным органом, регулирующим создание и управление ИТС можно считать китайскую комиссию по исследованию

ИТС. Эта комиссия составила программу, определяющую общее направление развития ИТС и список пробных проектов. В эти пробные проекты в первую очередь включены центры управления движением в городах и электронные системы оплаты проезда. Общие положения развития ИТС будут представлены ниже.

- Скоростная система перевозок грузов, с использованием систем глобального позиционирования и единым центром управления;
- Система управления транспортными потоками на магистралях с датчиками, выявляющими наличие ДТП;
- Система управления транспортными потоками в городах
- Система управления общественным транспортом, с возможностью определения местонахождения автобусов;

К сожалению, стоит признать, что текущее техническое состояние АСУД в России отстаёт от зарубежных. В то время как в большинстве развитых стран автоматизированные системы управления дорожным движением перешли как минимум на третье поколение, АСУД в России распространены только первого и второго поколений. Причины этому – высокая стоимость более продвинутых систем (несмотря на их очевидную экономическую выгоду в будущем) и отсутствие отечественных наработок в этой сфере деятельности.

Опыт зарубежных коллег является неоспоримым доказательством того, что разработки в сфере АСУД в реалиях жизни 21-го века, при постоянном увеличении транспортных средств и плотности населения, эффективнейший путь в оптимизации дорожного и магистрального движений, повышении безопасности на дорогах и пешеходных зонах. Социально-экономическая и экологическая эффективность АСУД проявляется в увеличении мобильности населения, сокращении в потерях рабочего и свободного времени, повышении деловой активности, снижении вредных выбросов, увеличении эффективности перевозок. Наиболее важными компонентами являются

обеспечение повышенной безопасности и регистрирования нарушений правил дорожного движения. Эти компоненты входят в состав специальных подсистем, которые контролируют поведение водителей и пешеходов.

Тем не менее, нужно понимать, что интеграция АСУД – это сложный и долгий процесс, требующий большого количества бюджета и индивидуального подхода к каждому отдельно взятому региону страны. Более того, важность данных разработок выставляет высокие требования к квалификации разработчиков ПО, инженеров – разработчиков и строителей.

Имеются и риски, связанные с построением автоматизированных систем управления транспортным движением. Первый из них – риск неэффективной растраты финансовых и интеллектуальных ресурсов. Возникает при условии несоответствия эксплуатации и назначения системы АСУД. Другими словами, система не будет подходить к участку местности, куда её установили. Имеется риск взлома системы, с целью изменения транспортного движения, что может привести к увеличению количества дорожно-транспортных происшествий, или даже к полной парализации дорожного движения на улицах города.

Несмотря на вышеизложенные риски, вопрос разработки отечественных технических требований к АСУД является очень важным. Положение осложняется еще и тем, что в России имеются существенные историко-архитектурные особенности, особенно в городской застройке: известно, что планы застройки Российских городов весьма отличается от Европейской и Американской.

1.8 Особенности современных систем управления транспортными потоками

Принято рассматривать следующие концепции управления транспортными потоками:

- Контроль дорожного движения без учета прилегающих перекрёстков;
- Обеспечение проходимости дорожного движения через два близко расположенных перекрёстка;
- Обеспечение контроля движения по основной дороге;
- Координация групп соседних светофоров;

Определение характеристик дорожного трафика используется для оценки состояния дороги. Эти характеристики включают в себя:

- Наличие транспортных средств;
- Скорость потока транспортных средств;
- Плотность потока транспортных средств;
- Скорость;
- Длина потока транспортных средств;

Таблица 6 – Определения характеристик состояния дороги

Характеристика состояния дороги	Определение
Наличие транспортных средств	Наличие (или отсутствие) транспортного средства в определённой точке на проезжей части
Скорость потока	Количество транспортных средств, проходящих

транспортных средств	через определенную точку на проезжей части в течение определенного периода времени
----------------------	--

Продолжение таблицы 6

Плотность потока транспортных средств	Процент времени, во время которого определённая точка на проезжей части занята транспортным средством
Скорость	Расстояние, пройденное транспортным средством в единицу времени
Длина потока транспортных средств	Количество автомобилей остановившихся позади стоп-линии на светофоре

При создании архитектуры управления транспортом наиболее практичным подходом будет определение главной задачи и последующим разбиением её на более маленькие и простые задачи. Затем необходимо выбрать каким образом будет реализовано телематическое решение, определить функциональные и информационные связи, после чего разработать управляющую стратегию.

Система управления транспортными потоками на данный момент имеет трёхступенчатую иерархию. В самом низу иерархии находится классический светофорный перекрёсток. Практика показывает, что на данном уровне эффективно выбирать устройства управления типа master, которые управляют или синхронизируют несколько подчиненных устройств управления типа slave. Банальным примером является так называемая «зеленая волна», когда устройства управления транспортным потоком, включаются последовательно. Второй уровень служит для концентрации данных от и до устройств управления. На третьем, высшем уровне работает вышестоящий компьютер, который обрабатывает данные и ведет связь с устройствами управления. На данном уровне обычно используется и диспетчерский надзор, который контролирует работу автоматизированной

системы управления и способен реагировать на непредвиденные события в транспортном потоке. Рассмотрим иерархию телематических систем подробнее.

Первый уровень в иерархии городских систем образован отдельными транспортными узлами. Простейшим примером транспортного узла является светофор на перекрестке. Узлы первого уровня иерархии образованы, как правило, транспортными детекторами и исполнительными элементами. Локальная система управления с таким устройством имеет определенные функциональные связи и информационное содержание по отношению к другим транспортным узлам или к вышестоящему центру.

Второй уровень представляет собой транспортную систему, которая является совокупностью транспортных узлов. На втором уровне создаются относительно закрытые топологические комплексы, где всегда используются технологии одинакового типа. Дополнительные технологические комплексы могут находиться в любом месте города. Примерами топологического комплекса являются устройства управления транспортными потоками в определенном выделенном районе города, где между устройствами управления имеются обратные связи. Определение второго уровня, который представляет собой управление на уровне области, подразделяется на управление топологическими или технологическими узлами. На этом уровне идёт управление светофоров, но не происходит настройки времени горения, для быстрой реакции на изменения дорожного движения. Из-за этого чаще используется управление, зависящее от состояния дороги. Простым примером служат узлы в линии, для которой можно просто подобрать алгоритмы управления, так как оптимизация касается только распространения заторов транспортных средств в одном или в обоих направлениях. Более сложным является управление транспортными средствами с узлами, расположенными на площади, что является типичным для городской агломерации.

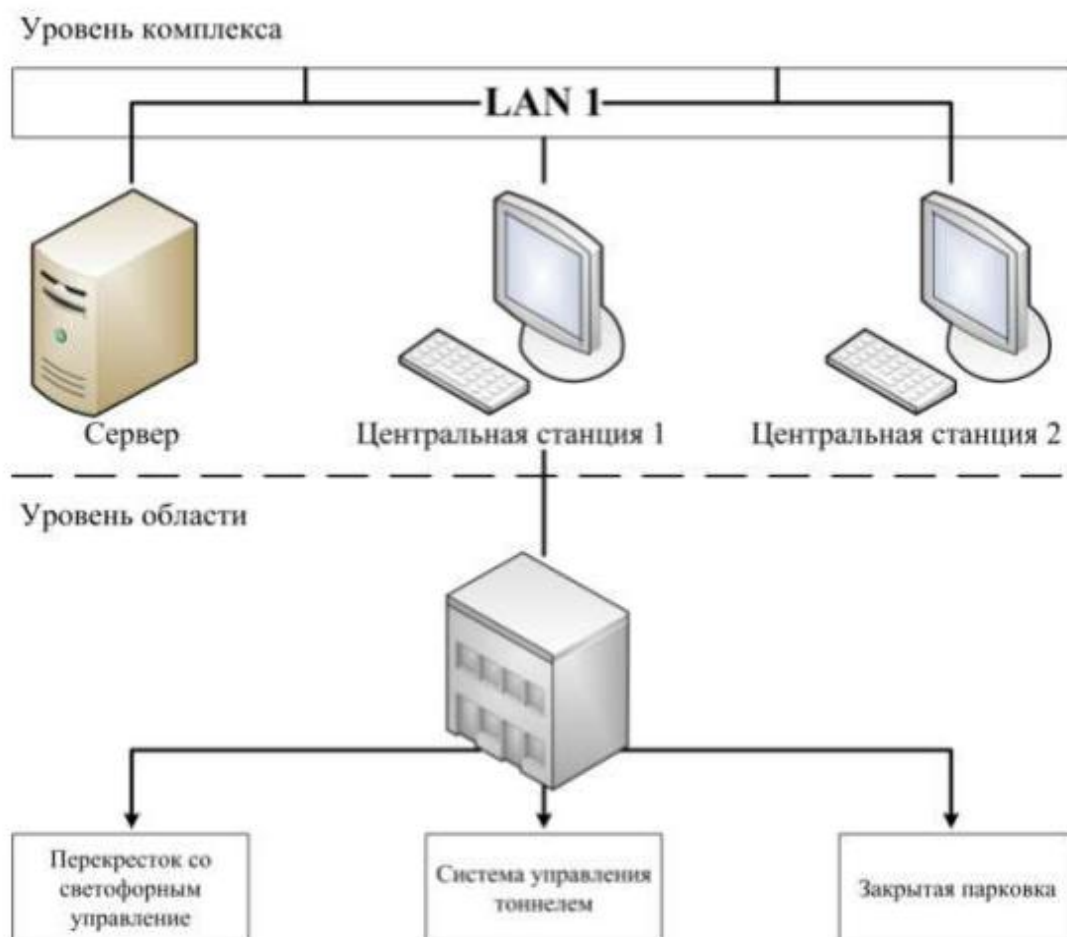


Рисунок 4 – Иерархическая структура городской системы управления движением транспортных потоков

Третий уровень - это транспортный комплекс. Транспортный комплекс является высшей степенью управляющей иерархии. На третьем уровне объединены отдельные областные центральные пункты управления.

2. Обзор аналогов интеллектуальных систем организации дорожного движения в населенных пунктах и на автомагистралях

2.1 Линейное управление

Линейное управление движением транспорта основано на сборе и обработке данных о режиме движения транспортных потоков (загруженность и состав транспортного потока) на более длинном участке дороги и регулировании скорости с помощью управляемых дорожных знаков типа «Ограничение максимальной скорости» и с помощью знака «Обгон грузовым автомобилям запрещен». Система дополнена и предупреждающими дорожными знаками «Прочие опасности», «Дорожные работы» и т.п.

2.2 Основные цели системы дорожного линейного управления движением

При увеличении плотности потока транспорта, возникает переменный режим движения, который проявляется в виде так называемых пульсирующих волн. Эти волны определяются большими изменениями скорости. В Берлине провели анализ возникновения подобных волн на участке автомагистрали А10. На данном участке проходит около 140 000 автомобилей в сутки. Анализ происшествий изображён на круговых диаграммах.

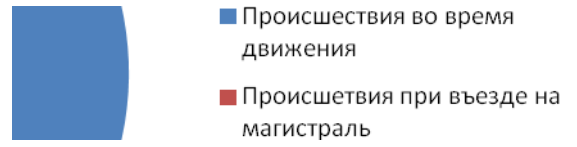


Рисунок 5 – Анализ происшествий на автомагистрали А10



Рисунок 6 – Анализ причин происшествий на автомагистрали А10

Первая цель линейного управления – регулирование скорости транспортного потока, в результате чего заметно повышается безопасность движения. Вторая цель линейного управления – стабилизация транспортного потока, основанная на ограничении скорости движения транспортных

средств. В результате низкой скорости движения уменьшается дистанция между автомобилями и значительно возрастает пропускная способность дороги. Она является максимальной при скорости в пределах 70–80 км/ч.

2.3 Управление въездом на автомагистраль

При определенных дорожных условиях, даже небольшое вмешательство является достаточным, чтобы вызвать образование колонны или возникновение цепного столкновения. Этим вмешательством могут быть автомобили, которые с риском въезжают на автомагистраль с примыкающих дорог и заставляют водителей на автомагистрали снижать скорость или изменять направление движения. В данном случае образуются ударные волны со всеми последствиями. Для работы системы управления въездом на автомагистраль необходимо измерять характеристики движения транспортных потоков на достаточном расстоянии от примыкающей дороги. Расстояние до точки измерения зависит от разрешённой скорости, но оно не должно быть меньше значения 1,5 км. Измерять нужно три характеристики на каждой полосе: интенсивность, скорость и состав транспортного потока. Система управления с помощью светофора регулирует количество транспортных средств, подъезжающих к примыкающей дороге. Длительность зеленого сигнала определена текущим и прогнозируемым состоянием транспортного потока на автомагистрали.

3. Интеллектуальные системы управления транспортными потоками

Интеллектуальные автомагистрали характерны тем, что записываются большое количество транспортных, метеорологических и экологических данных. Так же они могут определять наличие долговременных и кратковременных ограничений. Долговременные ограничения могут появляться в результате возникновения строительных работ на дороге, кратковременные ограничения могут быть вызваны неисправным транспортным средством, стоящим на дороге. Все эти данные надлежащим образом обрабатываются и передаются клиенту. Следовательно, дело касается информации, предоставляемой перед въездом или в процессе движения по автомагистрали.

1. Приобретение информации. Информация, относящаяся к транспорту, поступает от различных источников в различном виде. Базовым примером являются датчики, которые измеряют интенсивность и скорость транспортного потока, и датчики, измеряющие метеорологические величины, включая состояние дороги. Полученную таким образом информацию необходимо в реальном времени сообщать в центры управления автомагистралями и автомобильными дорогами. Так же, как данные, полученные с датчиков, весьма ценны и сообщения патрулей полиции, сервисных услуг или общественности, принимающей участие в организации работы транспорта. Примером страны, где хорошо действует такая система, является Германия, где в обзоре транспортной ситуации участвует около 60 000 граждан, обученных в качестве так называемых Staumelder (информаторов о появлении колонн автомобилей). Целью является научить водителей предоставлять информацию в унифицированном виде, причем водители считают сообщение о транспортных проблемах своей гражданской

обязанностью. Информация данной категории передается устно. Следующей важной категорией информации являются данные о временном запрете проезда, о транспортировке крупногабаритных грузов и т.п., полученные из баз данных соответствующих организаций. Для информации, полученной таким способом, необходимо соединение систем баз данных различных организаций и разработка необходимых конверсионных программ. Как показывает пример оценки системы дорожного линейного управления движением, эта информация имеет принципиальное значение.

2. Передача информации. Полученная, отфильтрованная и обработанная транспортная информация передается потребителям из центров управления различными способами (Рисунок 7). Используется, например, передача локализованной транспортной информации каналом транспортных сообщений, с помощью цифровой радиопередачи, протокола для распространения информации по радиоканалам связи с сотовыми телефонами. Широко используется передача данных через интернет. Чтобы передать данные всему транспортному потоку, целесообразно использовать информационные дисплеи или управляемые дорожные знаки. Важной частью этих систем является определение положения транспортного средства по цифровым картам, что дает возможность передавать только локализованную информацию, касающуюся конкретного транспортного средства или транспортных средств.



Рисунок 7 – Поток информации в ИТС

8.1 Методы приобретения информации

8.1.1 Датчики транспортного потока

Датчики транспортного потока служат для сбора информации о потоке:

- Количество машин в единицу времени;
- Средняя скорость на определённом участке дороги
- Занятое автомобилями пространство дороги



Рисунок 8 – Датчик транспортного потока

Датчики транспортного потока оснащены двумя-тремя разными датчиками, для получения как можно более разнообразной информации о ситуации на дороге. Например довольно часто совмещают микроволновый радар, ультразвуковой детектор и инфракрасный детектор. Таким образом датчик может одновременно считать количество машин, делать оценку габаритов и классифицировать классы машин.

8.1.2 Автоматизированные дорожные метеостанции

Дорожные метеостанции служат для фиксирования и передачи данных о погодных условиях и состоянии дорог. Например информацию об обледенении дорожного покрытия, надвигающегося шторма.



Рисунок 9 – Дорожная метеостанция

8.1.3 Дорожные контроллеры

Дорожные контроллеры - это промышленные компьютеры. Служат для сбора телеметрической информации и управления знаками и дорожными табло.



Рисунок 10 – Дорожный контроллер

4. Альтернативные методы контроля дорожного движения

Нужно понимать, что контроль дорожного движения достигается разными методами. Далее будут приведены примеры различных способов контроля дорожного трафика.

Один из распространенных методов – это «Зонирование городской территории». В больших городах выделяются специальные места (территории плотной городской застройки, высокой деловой активности), где устанавливаются различные транспортные ограничения.

Ещё один из методов – введение платы за использование личного автомобиля в городе. То есть введение специального тарифа при въезде транспортного средства на определённый участок дороги (въезд в городскую черту, проезд по магистрали, парковку), в определённый промежуток времени (чаще всего в часы пик). Цель данного метода в том, чтобы водители выбирали оптимальное время для поездки. Чтобы определить, как взимать плату, должны быть учтены следующие факторы:

1. Тип транспортного средства

Самая важная цель, для которой вводится плата – это ограничение использования транспортных средств и поощрение большого количества перевозимых людей. Таким образом, общественный транспорт с высокой пропускной способностью не должен облагаться данной платой.

2. Наличие пробок

Плата должна взиматься в большем размере на участках дороги с высокой степенью нагрузки. Это необходимо для того, чтобы водители изменяли свои маршруты и выбирали оптимальное время для поездок. Участки дороги с низкой степенью нагрузки должны остаться бесплатными, или со сниженным тарифом.

3. Ситуация на дорожной сети

При введении платы, некоторые водители будут выбирать те маршруты, где её нет. Они будут формировать свой маршрут в зависимости от времени в пути и транспортных потоков. В зависимости от загруженности дороги тариф должен различаться. При высокой загруженности, плата должна взимать в большем объеме.

4. Платёжная способность населения

Платёжная способность населения довольно важный фактор, который влияет на размер тарифов. Нужно учитывать, сколько водители хотят и могут платить за своё передвижение. Если пренебречь этими факторами, будет невозможно осуществить данную политику сборов из-за общественной оппозиции.

4.1 Практика введения платы за использование личного автомобиля за границей

Сингапур является первым и самым успешным городом, в котором был введён сбор за использование личного автомобиля в городе. В 1975 году, правительство Сингапура ввело сбор на площадь около 600 гектар наиболее нагруженных дорог. Сбором облагались транспортные средства, проезжающие по этой площади в час-пик с понедельника по пятницу. Все, кроме общественного транспорта и автомобилей с большой вместимостью должно были покупать специальный пропуск и выставлять его на лобовом стекле. Номера транспортных средств, не имеющих пропуск, записывались сотрудниками дорожной полиции, после чего водителям назначался штраф.

Уже в 1991 году в Лондоне начали изучать возможность введения данной платы. А в 2003 году плату ввели на площади в 21 квадратный километр. Плата взимались с 7:00 до 18:30, с понедельника по пятницу. Размер платы зависел от типа автомобиля. С общественного транспорта, такси, машин скорой помощи и транспортных средств для инвалидов плата не взималась. Результаты оказались положительными, транспортный поток в центре города снизился на 16%, время пробок на 30%, средняя скорость автомобиля в пробке увеличилась на 37%.

5. История развития светофоров

Концепция светофоров появились в глубокой древности, во времена Римской империи, когда граждане заметили конфликт между пешеходами и конными повозками. Первое подобие светофора появилось в 1800 году, когда требовался контроль для постоянно увеличивающегося потока конного транспорта. В 1868, в Лондоне был установлен сигнал на пересечении улиц Джордж-стрит и Бридж-стрит, недалеко от парламента. Он обеспечивал безопасный проход для пешеходов. Установленная система – семафор – состояла из длинного столба с двигающимися стрелками. Когда стрелки были направлены вбок, это означало, что нужно стоять. С наступлением темноты, газовый светильник освещал верхушку. Линзы с зелёной тонировкой означали, что нужно идти, в то время как с красной – стоять. Первоначально, сигналы контролировались вручную, офицерами, решавшими, когда сигнал должен смениться, согласно транспортному потоку. Они дули в свисток, чтобы предупредить водителей, о смене сигнала. Однако этот метод оказался небезопасным. В 1869 году светофор взорвался после утечки газа, тяжело ранив полицейского, эксплуатирующего его. В Америке, семафорная система продолжала развиваться всё с большим и большим количеством автомобилистов, тележек и грузовых автомобилей, движущихся по дороге. Однако, с увеличением дорожного трафика, офицерам было сложно расчищать дорожные заторы. В то время, как некоторые города начали устанавливать дорожные вышки, позволявшие офицерам иметь большой обзор дороги, в Юте в 1912 полицейский Лестер Вайр изобрел первую электрическую светофорную систему с красным и зелёным светом. Два года спустя, первый светофор установили в Кливленде. Он был разработан согласно чертежам Джеймса Ходжа и позволял полиции и

пожарной команде контролировать цвет светофора в случае экстренных ситуаций. В СССР первый светофор установили 15 января 1930 года в Ленинграде, на пересечении Невского и Литейного проспектов. В Москве светофор появился 30 декабря того же года, на углу Кузнецкого моста и Петровки. Позже, в 1932 году светофор установили на пересечении Неглинной и Кузнецкого моста. Установка обоих светофоров носила экспериментальный характер. И только к концу 1933 года, когда эксперимент был признан успешным, было установлено около ста светофоров по всей Москве. Третий город в России, где он начал работать светофоры, стал Ростов-на-Дону.

Управление светофорами получило большой скачок, когда начали использоваться электро-вычислительные машины (первые аналоговые вычислительные машины в Денвере в 1952 году). В настоящее время во многих городах светофоры работают в режиме контроля транспортного движения в реальном времени. Однако всё ещё существуют многочисленные светофоры с режимом статического управления.

6. Современные тенденции в разработке светофоров

В течение последних десятилетий дорожное движение в городах стало серьёзной проблемой, а пробки – обычным явлением. Поскольку светофоры являются инструментом для контроля дорожного трафика, мы должны управлять ими оптимально. Понимание и управление сложными системами – очень трудная задача. Есть два независимых фактора, которые делают управление сложным: архитектура системы, представленная физической сетью, а также динамические правила, которые захватывают зависящие от времени взаимодействия между компонентами сети. Комплексные системы перевозки сталкиваются с серьёзной проблемой в лице эффективности транспортного потока. С ростом урбанизации, количество автомобилей растёт, что в свою очередь приводит к возникновению многочисленных проблем с дорожным движением. Одним из способов контроля дорожного движения является создание эффективной светофорной системы. Тем не менее, светофоры могут вызвать дискомфорт для водителей. Исследования утверждают, что бывают случаи, когда водители предпочитают менять свои маршруты, предпочитая пути с наименьшим количеством светофоров, чтобы избежать как можно большее количество остановок.

С последними достижениями в области коммуникационных сетей, компьютеров и сенсорных технологий, существует растущий интерес к разработке оптимизированных систем управления светофорами. С одной стороны, новые технологические разработки, например реагирование светофоров на изменения насыщенности транспортного потока в режиме реального времени, реализуются в крупных городах. С другой стороны, Dedicated Short-Range Communication (DSRC) системы, навигационные устройства или приложения для смартфонов, которые помогают водителям в

своих поездках. Для примера просветить EnLighten – приложение для смартфона, которое подключается к сети и предсказывает поведение светофора, общаясь с DSRC системами на дорогах.

Взаимодействие данных новых технологий открывает новые возможности для улучшения состояния дорожного движения. Получение информация о следующем светофоре может дать много преимуществ, в основном, с точки зрения безопасности и удобства. Водители будут менее удивлены внезапным изменением цвета светофора, и не будут пытаться ускориться, чтобы успеть проехать на зеленый свет, прежде чем он станет красным.

7. Принцип и режимы работы светофора

Принцип работы светофора относительно простой. В двух словах, установка светофора состоит из контроллера, светофорных головок и датчика. Контроллер – “мозг” установки и содержит информацию, необходимую, для переключения огней светофора в различных последовательностях. Светофоры работают в различных режимах, которые зависят от месторасположения светофора, или от времени суток.

7.1 Режим «Статического управления»

При фиксированном времени, свет светофора будет гореть зелёным всегда с одинаковым временем, независимо от дорожных условий. Как правило, для настройки статических светофоров используется статистическая информация о конкретном участке дороги. Период, во время которого горит зелёный свет, варьируется между минимальным и максимальным, в зависимости от загруженности дороги. Данный режим может быть адекватным в сильно перегруженных районах, но в местах, где движение не такое насыщенное, такой подход очень расточителен. Если в некоторых циклах переключения света нет ожидающих транспортных средств, то время, когда горит зелёный свет, может быть распределено на более занятые участки дороги.

7.2 Режим «Динамического управления»

Как следует из названия, этот режим учитывает наличие транспортного средства на всех проездах и регулирует зелёный свет соответственно.

Состояние дороги регистрируется датчиком, установленным на проезжей части, либо над ней. Контроллер обрабатывает эти данные и включает зеленый свет наиболее подходящим образом. Минимальное и максимальное время, когда горит зеленый свет, указано в контроллере и не может быть нарушено. На некоторых перекрестках, если боковые дороги бывают слегка загружены, светофоры запрограммированы, чтобы переключать свет только тогда, когда дорожный трафик требует этого. Оптимизация дорожного движения в режиме реального времени достигается за счёт расширения возможностей обычного светофора, либо за счет передачи информации между светофором и транспортным средством. Система управления может быть как централизованной (адаптивная система, базирующаяся на информации, полученной от датчиков), так и децентрализованной.

В то время как вышеописанный режим более гибок, чем фиксированное время, он все еще может оказаться неэффективным, если длинные очереди возникают на встречных проездах. Установка максимальных таймеров может быть затруднена из-за изменений в структуре трафика с течением времени, поэтому для поддержания эффективной работы максимальные временные промежутки должны регулярно обновляться. Это трудоемкая задача для местного органа управления и часто проводится таким образом, что светофоры, становятся все менее и менее эффективными с течением времени.

Во время использования режима «Динамического управления» наиболее распространённым техническим решением является установка индукционной петли. Индукционная петля – это простой приёмопередатчик с антенной из провода в виде кольца (катушка индуктивности), который устанавливают в дорожном покрытии. Чтобы установить петлю, сначала заливают асфальт, а затем вырезают в нём канавку. Петлю помещают в паз и герметизируют с помощью резиновой смеси. Индукционные петли работают путем обнаружения изменения индуктивности. Когда транспорт останавливается над индукционной петлёй, он становится сердечником для

катушки индуктивности. Сердечник из металла создаёт больше индуктивности, чем воздух, или любой другой немагнитный сердечник. Измеряя изменения индуктивности, мы можем очень определять наличие или отсутствие транспортного средства. Чем и пользуется датчик светофора. Он постоянно проверяет индуктивность петли, расположенной под дорогой, и когда индуктивность увеличивается, датчик оповещает светофор о наличии транспортного средства.

Есть и другие технические решения, но они менее распространены по тем, или иным причинам. Одно из таких решений – видеодетектор. Видеодетектор - это камеры, подключенные к специализированной плате с "зонами обнаружения", заданными через специализированное программное обеспечение обнаружения транспортных средств. Они хороши в ситуациях, где установка индукционных петель не представляется возможной из-за дорожного покрытия, но при этом обладают рядом недостатков. В частности, видеодетекторы уязвимы к плохой погоде и имеют тенденцию ложно срабатывать от яркого света автомобильных фар и теней транспортных средств на соседней полосе. Кроме того, платы для видеодетектирования значительно дороже, чем платы для индукционных петель.

Геомагнитный метод - обнаружение изменения в магнитном поле. Он во многом зависит от размера транспортного средства, так что большой грузовик может вызвать срабатывание датчика в соседней полосе, но такое решение более долговечно.

Использование радаров. Метод, при котором используются радары, обнаруживает только движущиеся транспортные средства, часто применяются для обнаружения пешеходов, поскольку они редко остаются неподвижными.

Использование лазера. Этот метод измеряет расстояния до поверхности дороги; транспортное средство в пути изменяет расстояние до лазера, измерения достаточно точны, но работает только точно, отсутствует возможность обнаружения по площади.

8. Использование ИТС в городе Тольятти

В данное время, развёртывание продвинутой ИТС в Тольятти не требуется. Но уже сейчас можно оснастить часть светофоров для работы в режиме «Динамического управления» с централизованной системой управления.

8.1 Разработка светофора в режиме «Динамического управления»

Переключение света светофора должно осуществляться при наличии ожидающего транспортного средства, либо по требованию пешехода. В данном случае использование индукционных петель считаю нецелесообразным из-за проблем с дорожным покрытием. Регистрировать транспортное средство будет датчик расстояния SHARP-GP2Y0A710K0F. В качестве микроконтроллера предлагается использовать контроллер Arduino Uno на базе ATmega328.

8.2 Обзор контроллера Arduino Uno и аналогов

Контроллер Arduino Uno построен на базе ATmega328, имеет 14 цифровых входов/выходов, 6 аналоговых входов. Для работы может подключаться к ПК посредством USB кабеля, либо питаться при помощи адаптера AC/DC.

Таблица 7 – Характеристики Arduino Uno

Микроконтроллер	АТmega328
Напряжение работы	5 В

Продолжение таблицы 7

Напряжение входа	7-15 В
Предельное напряжение входа	6-20 В
Оперативная память	2 Кб
Тактовая частота	16 МГц
Количество аналоговых входов	6



Рисунок 11 – Внешний вид Arduino Uno

Аналогами данного контроллера можно считать Arduino Leonardo и Arduino Mega 2560.

Таблица 8 – Характеристики Arduino Leonardo

Микроконтроллер	ATmega32u4
Напряжение работы	5 В
Напряжение входа	7-15 В
Предельное напряжение входа	6-20 В
Оперативная память	2 Кб
Тактовая частота	16 МГц
Количество аналоговых входов	12





Рисунок 12– Внешний вид Arduino Leonardo

Таблица 9 – Характеристики Arduino Mega 2560

Микроконтроллер	ATmega2560
Напряжение работы	5 В
Напряжение входа	7-15 В
Предельное напряжение входа	6-20 В
Оперативная память	8 Кб
Тактовая частота	16 МГц
Количество аналоговых входов	16

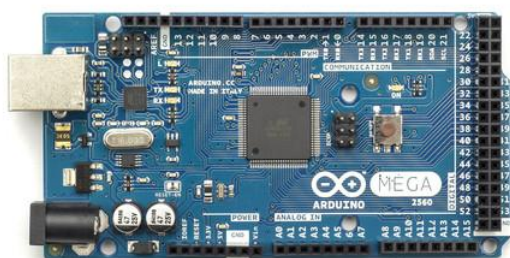




Рисунок 13 – Внешний вид Arduino Mega 2560

Как можно заметить по характеристикам, контроллеры несущественно отличаются друг от друга. Выбор Arduino Uno обусловлен тем, что для работы проектируемого светофора вполне хватает 6 аналоговых входов и 2 кб оперативной памяти, а также более низкой ценой среди предоставленных контроллеров.

8.3 Обзор датчика расстояния SHARP-GP2Y0A710K0F

Датчик расстояния SHARP-GP2Y0A710K0F – доступен, эффективен и прост в использовании. Датчик позволяет определять расстояние до объекта или препятствия в радиусе от 100 до 550 см.

Таблица 10 – Характеристики датчика расстояния SHARP-GP2Y0A710K0F

Диапазон измерения расстояния	От 100 до 550 см
Размеры	58x17.6x22.5 мм
Потребление тока	30 мА
Питающее напряжение	от 4.5 до 5.5 В



Рисунок 14 – Датчик расстояния SHARP-GP2Y0A710K0F

Рассмотрим альтернативы данному датчику.

Датчик расстояния HC-SR04. Имеет радиус обнаружения объектов от 2 до 400 см.

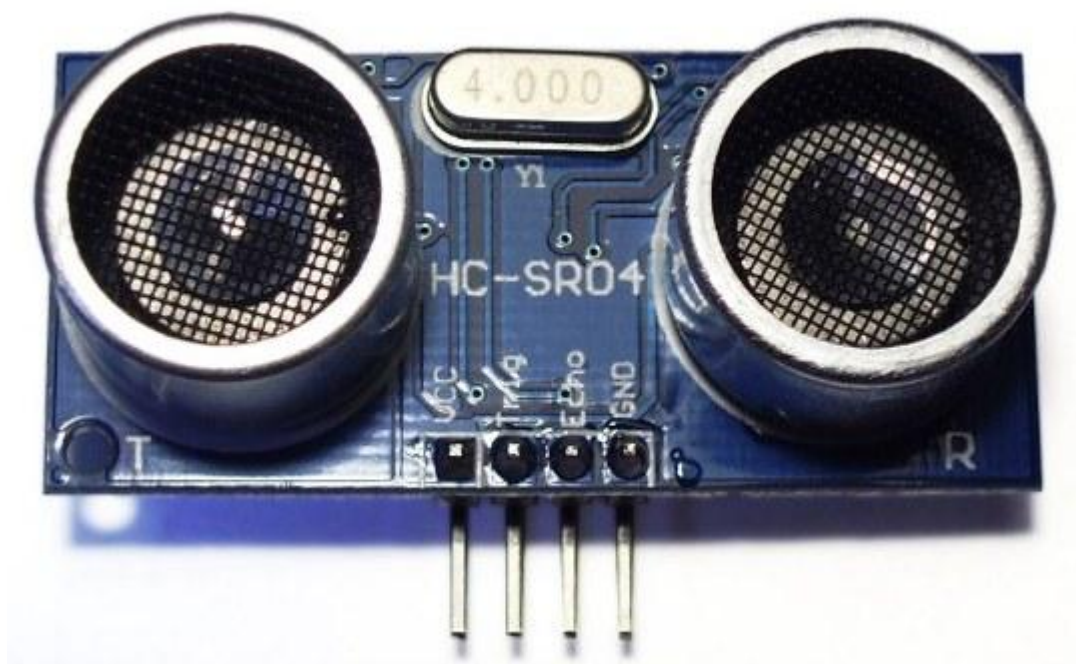


Рисунок 15 – Датчик расстояния HC-SR04

Обоснованность выбора датчика расстояния SHARP-GP2Y0A710K0F аргументирую наиболее подходящим радиусом обнаружения объектов, для поставленной задачи.

8.4 Разработка структурной схемы проекта

Разработал и изобразил структурную схему проекта.

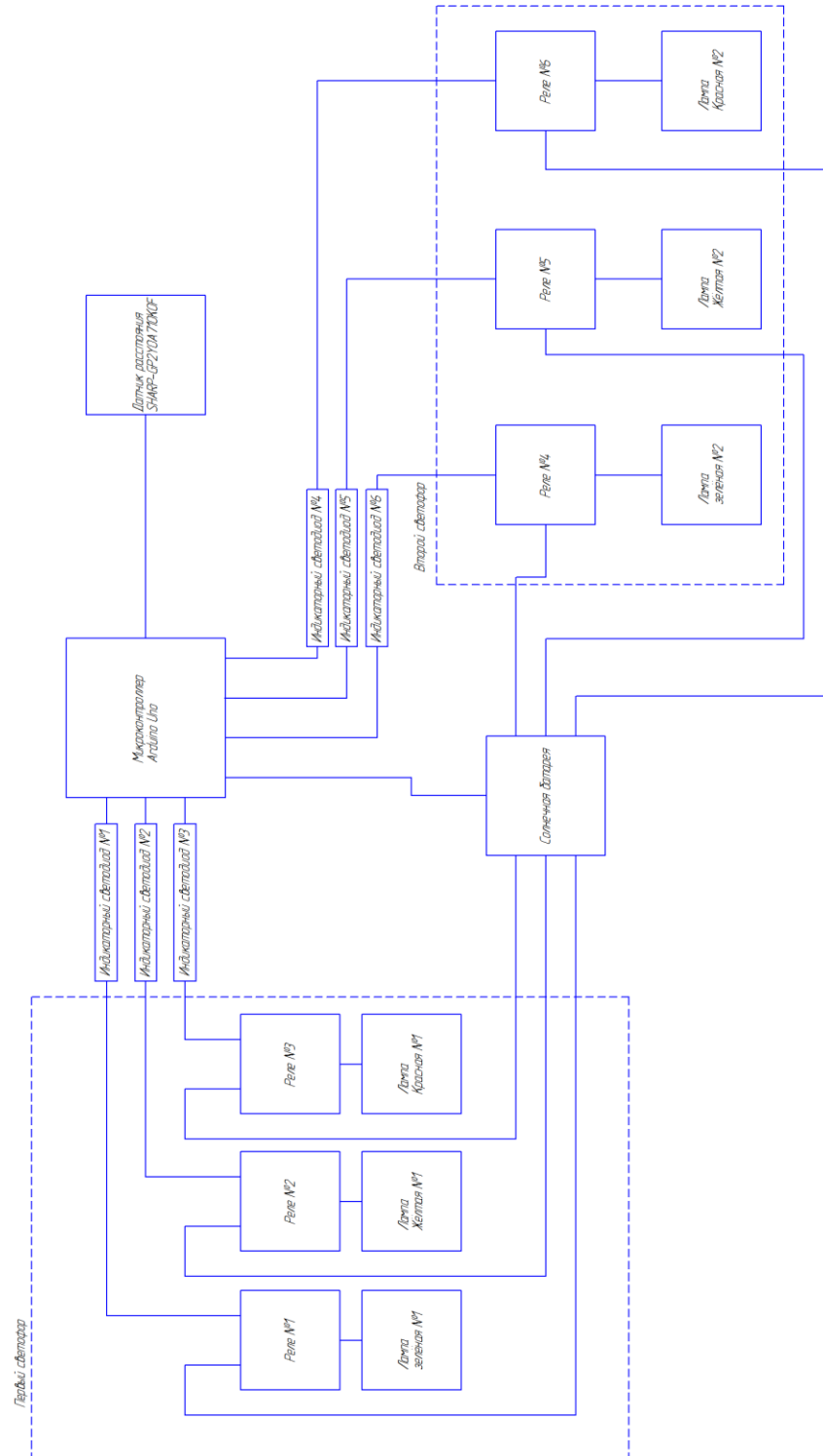


Рисунок 16 – Структурная схема проекта

8.5 Разработка алгоритма работы системы

Для начала необходимо понять, как должна работать составляемая программа. Нарисуем для этого блок-схему алгоритма программы.

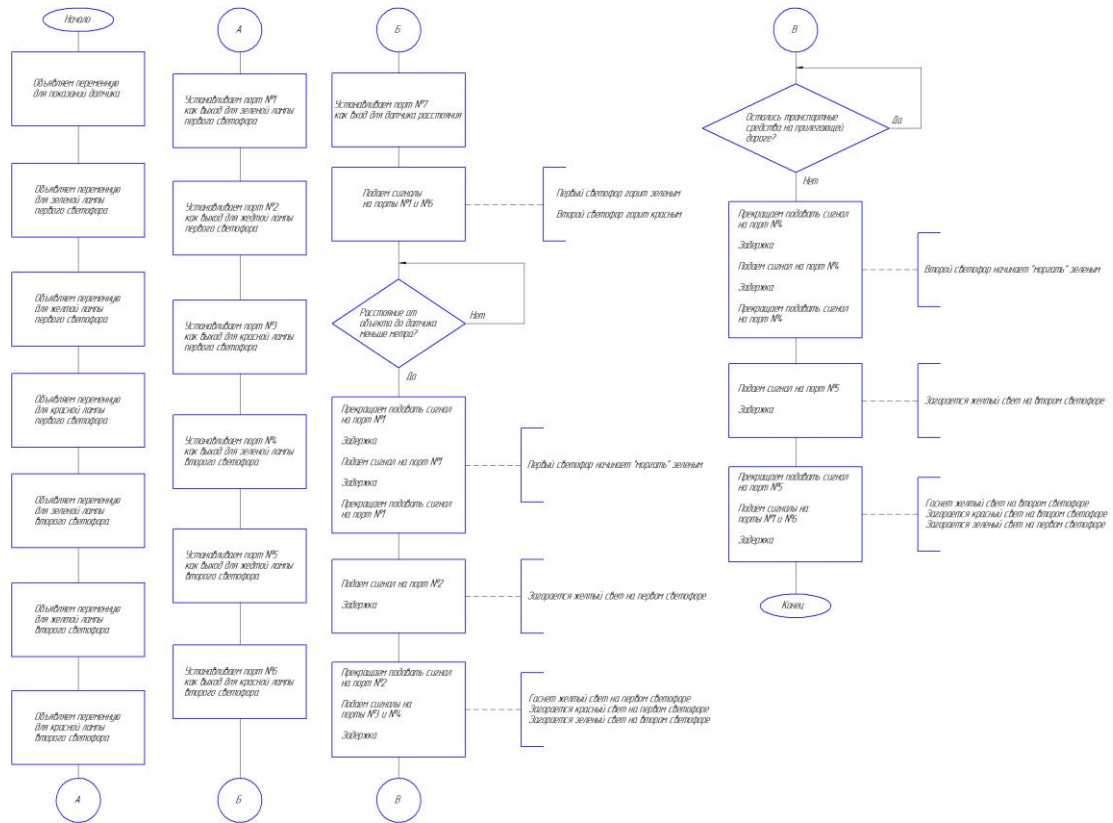


Рисунок 18 – Блок-схема алгоритма программы

```
// Задаём номера портов для светодиодов
const int SensorPin = 9; // датчик
int SensorState = 0; // переменная для считывания
статуса датчика
```

```

int GPin = 13; // Зелёный
int YPin = 12; // Жёлтый
int RPin = 11; // Красный
int switchPin = 7; // Порт кнопки
boolean lastButton = LOW; // Устанавливаем последнее
значение кнопки - выключено
boolean currentButton = LOW; // Устанавливаем текущее
значение кнопки - включено
boolean ledOn = false; // Состояние светофора: false -
выключен (мигает жёлтый), true - включен
boolean yellowOn = LOW; // Мигающий жёлтый.
unsigned long loopTime; // Вспомогательная переменная для
цикла
unsigned long currentTime; // Переменная хранящая
текущее значение времени

void setup() {
    // Устанавливаем 3 порта как выход для
светодиодов  pinMode(GPin, OUTPUT);
    pinMode(YPin, OUTPUT);
    pinMode(RPin, OUTPUT);
    currentTime = millis();
    loopTime = currentTime;
    SensorState = digitalRead(SensorPin);
}

// Цикл действий при выключенном светофоре
if(currentTime >= (loopTime + 500) && ledOn == false)

```

```

    {
        yellowOn = !yellowOn; // Инвертируем значение
переменной.
        digitalWrite(GPin, LOW);
        digitalWrite(YPin, yellowOn);
        digitalWrite(RPin, LOW);
        loopTime = currentTime;
    }

// Цикл действий при включенном светофоре
if(ledOn == true) {
    // Горит зелёный
    if(currentTime >= loopTime && currentTime <
(loopTime + 10000)) {        digitalWrite(GPin,
HIGH);        digitalWrite(YPin, LOW);
digitalWrite(RPin, LOW);    }
// Зелёный начинает мигать

if(currentTime >= (loopTime + 10000) && currentTime <
(loopTime + 10500)) {
    digitalWrite(GPin, LOW);
}
if(currentTime >= (loopTime + 10500) && currentTime <
(loopTime + 11000)) {
    digitalWrite(GPin, HIGH);
}
if(currentTime >= (loopTime + 11000) && currentTime <
(loopTime + 11500)) {
    digitalWrite(GPin, LOW);
}
}

```

```

if(currentTime >= (loopTime + 11500) && currentTime <
(loopTime + 12000)) {
    digitalWrite(GPin, HIGH);
}
if(currentTime >= (loopTime + 12000) && currentTime <
(loopTime + 12500)) {
    digitalWrite(GPin, LOW);
}
if(currentTime >= (loopTime + 12500) && currentTime <
(loopTime + 13000)) {
    digitalWrite(GPin, HIGH);
}
if(currentTime >= (loopTime + 13000) && currentTime <
(loopTime + 13500)) {
    digitalWrite(GPin, LOW);
}
if(currentTime >= (loopTime + 13500) && currentTime <
(loopTime + 1400)) {
    digitalWrite(GPin, HIGH);
}
if(currentTime >= (loopTime + 14000) && currentTime <
(loopTime + 14300)) {
    digitalWrite(GPin, LOW);
}
// Загорается жёлтый
if(currentTime >= (loopTime + 14300) && currentTime <
(loopTime + 17500)) {
    digitalWrite(YPin, HIGH);
}
// Загорается красный

```

```
if(currentTime >= (loopTime + 17500) && currentTime <
(loopTime + 27500)) {
    digitalWrite(YPin, LOW);
digitalWrite(RPin, HIGH);
}
// Загорается красный с жёлтым
if(currentTime >= (loopTime + 27500) && currentTime <
(loopTime + 30500)) {
    digitalWrite(YPin, HIGH);
}
// Загорается зелёный
if(currentTime >= (loopTime + 30500)) {
    digitalWrite(GPin, HIGH);
    digitalWrite(YPin, LOW);
    digitalWrite(RPin, LOW);
    loopTime = currentTime;
}
}
}
```


9. Экономическая эффективность проекта

В данном разделе приводится полный расчет затрат на изготовление проекта. Затраты включают в себя затраты на основные материалы и покупные комплектующие.

Целью исследования затрат на создание устройства является определение себестоимости устройства, не учитывая затраты на НИОКР. Расчет затрат на основные материалы представлен в таблице 11.

Таблица 11 — Затраты на основные материалы

Наименование	Марка, размер	ГОСТ, ТУ	Норма расходов	Цена, руб.	Стоимость, руб.
Припой	ПОС 61	ГОСТ 19743-87	0,3 кг	210	65
Флюс паяльный	ЛТИ-120	ГОСТ 17299-90	10 мл	24	24
Лист текстолита	ПТК	ГОСТ 2910-74	1 лист	90	90
Итого:					179

Таблица 12 — Затраты на комплектующие

Наименование	Тип, марка	ГОСТ, ТУ	Кол-во, шт.	Цена за 1 шт., руб.
Контроллер	Arduino Uno	-	1	1790
Резисторы	МО-200 (С2-23), 220 Ом	ГОСТ 24237-84	12	20
Датчик расстояния	SHARP-GP2Y0A710K0F	ГОСТ Р 8.673-2009	1	780
Светодиодные панели	Светодиодная панель красная	ГОСТ 54814-2011	2	3000
	Светодиодная панель жёлтая		2	3000
	Светодиодная панель зелёная		2	3000
Полупроводниковое реле	ННГ1-1/032F-38-100А	ГОСТ 16022-83	6	1020
Итого:				26930

По результатам расчета выявлено, что большую часть в себестоимости составляют расходы на комплектующие (99%). Общая сумма затрат 27109 руб.

10. Безопасность и экологичность проекта

10.1 Производственная охрана труда

Комплекс мероприятий, нацеленных на обеспечение безопасности условий труда и предотвращений несчастных производственных случаев, называется охраной труда.

В комплекс охраны труда включаются правовые, социально-экономические, организационные, технические, психофизиологические, санитарно-гигиенические, лечебно-профилактические, реабилитационные и другие мероприятия и средства.

Расследования несчастных производственных случаев показывает, что большая часть нарушений охраны труда возникает из-за организационных причин, которые в свою очередь повлечены в результате халатности специалистов и руководителей при организации работ с повышенной опасностью.

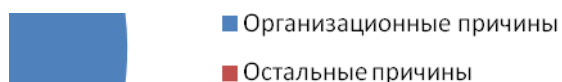


Рисунок 19 – Диаграмма причин несчастных случаев

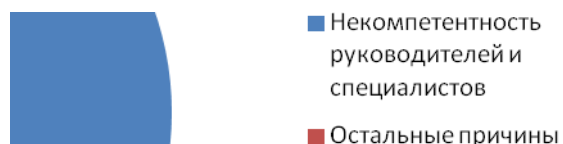


Рисунок 20 – Диаграмма возникновения причин несчастных случаев

Для избежания несчастных случаев необходимо проводить инструктажи по технике безопасности, в последующей проверкой усвоенной информации. Ответственный за подобные мероприятия – руководитель производства.

10.2 Экологическая безопасность при утилизации электрооборудования

Вследствие широкого использования электрических и электронных приборов, оборот на рынке данного сегмента очень велик, что отражается на количестве отходов. Были приняты специальные законы, обязывающие создавать условия для переработки отходов, что должно побуждать производителей выбирать более внимательно производственные материалы. Более того, производители электрического и электронного оборудования обязаны выполнять нормы утилизации и переработки. Нормы составляют от

50% до 70% массы продукта. Обязательно нужно вынимать любые пластмассовые детали, детали, содержащие бромированные добавки и наружные кабели.

Заключение

Во время выполнения бакалаврской работы мной было разработано устройство, которое определяет наличие транспортного средства, ожидающего переключения светофора, и регулирует продолжительность горения зелёного света соответственно. Данное устройство очень актуально в наше время и еще долго не потеряет актуальность. Так же, разработанное устройство может найти применение во многих регионах Российской Федерации.

Список литературы

1. **Петин В.А.** Проекты с использованием контроллера Arduino. – СПб.: БХВ-Петербург, 2014. – 400 с.: ил. – (Электроника). – ISBN 978-5-9775-3337-9
2. **Соммер У.** Программирование микроконтроллерных плат Arduino/Freduino. – СПб.: БХВ – Петербург, 2012. – 256 с.: ил. – (Электроника)
3. **Афанасьев А. А.** Физические основы измерений : учебник / А. А. Афанасьев, А. А. Погонин, А. Г. Схиртладзе. - Гриф УМО. - Москва : Академия, 2010. - 238, [1] с. : ил. - (Высшее профессиональное образование. Технические специальности). - Библиогр.: с. 235-236. - Прил.: с. 228-234. - ISBN 978-5-7695-5999-0: 245-00
4. **Догадин Н.Б.** Основы радиотехники. М.: Лань, 2007.- 272 с.
5. **Белов А.В.** Микроконтроллеры AVR. От азов программирования до создания практических устройств (+CD). М.: Наука и техника, 2016. – 544 с.
6. **Yanfeng Geng.** Multi-intersection Traffic Light Control Using Infinitesimal Perturbation Analysis [Электронный ресурс] / Yanfeng Geng , Christos G. Cassandras. Добавлено: 16.04.2016. – Проверено:22.06.2016
7. ГОСТ 2.701-84. Единая система конструкторской документации. Схемы виды и типы. Общие требования к выполнению. - Введ. 1985-07-01. - М.: Госстандарт СССР: Изд-во стандартов, 1984.- 11с.: ил.
8. ГОСТ 2.106-96. Единая система конструкторской документации. Текстовые документы. - Введ. 1997-07-01. - М.: Госстандарт РФ: Изд-во стандартов, 1996.- 39с.: ил.
9. ГОСТ 2.701-84. Единая система конструкторской документации. Правила выполнения схем.- Введ. 1985-07-01. - М.: Госстандарт СССР: Изд-во стандартов, 1994.- 11с.: ил.
10. **Клаассен К. Б.** Основы измерений. Датчики и электронные приборы :

- [учеб. пособие] / К. Б. Клаассен; пер. с англ. Е. В. Воронова, А. Л. Ларина. - 3-е изд. - Долгопрудный : Интеллект, 2008. - 350 с. : ил. - Библиогр.: с. 345-346. - Прил.: с. 325--335. - Предм. указ.: с. 336-344. - ISBN 978-5-91559-001-3: 518-18
11. **Александров, А.А.** Электротехнические чертежи и схемы / Александров К.К., Кузьмина Е.Г.- М.: Энергоатомиздат, 1990. - 288с.
 12. **Жанказиев С. В.** Интеллектуальные транспортные системы: учеб. пособие / С.В. Жанказиев. – М.: МАДИ, 2016. – 120 с.
 13. **Евстигнеев, И. А.** Интеллектуальные транспортные системы на автомобильных дорогах федерального значения России. / Евстигнеев, И. А. – М. : Изд-во «Перо», 2015. — 164 с.
 14. **Feifei He.** A Traffic Congestion Assessment Method for Urban Road Networks Based on Speed Performance Index [Электронный ресурс] / Feifei He, Xuedong Yan, Yang Liu, Lu Ma. Добавлено: 10.02.2016. – Проверено:22.06.2016
 15. **Babicheva T.S.** The Use of Queuing Theory at Research and Optimization of Traffic on the Signal-controlled Road Intersections [Электронный ресурс] / Babicheva T.S. Добавлено: 21.06.2015. – Проверено:22.06.2016
 16. **Хоровиц П., Хилл У.** Искусство схемотехники. Издание шестое. Авторы: Пауль Хоровиц (Paul Horowitz), Уинфилд Хилл (Winfield Hill). Перевод с английского Б.Н. Бронина, А.И. Коротова, М.Н. Микшица, Л.В. Поспелова, О.А. Соболевой, Ю.В. Чечеткина. Научное издание. (Москва: Издательство «Мир»: Редакция литературы по информатике и новой технике, 2003)
 17. **Аваев Н. А.** Основы микроэлектроники: Учебное пособие для вузов / Н. А. Аваев, Ю. Е. Наумов, В. Т. Фролкин. – М.: Радио и связь, 1991. – 288 с.
 18. **Miroslav Markus.** Effective method for design of traffic lights control [Электронный ресурс] / Miroslav Markus. Добавлено: 25.04.2016. – Проверено:22.06.2016

<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1474667016460295>

19. **Sorina Costache Litescu.** Information Dynamics in Transportation Systems with Traffic Lights Control [Электронный ресурс] / Sorina Costache Litescu. Добавлено: 01.01.2016. – Проверено:22.06.2016

<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1877050916310122>

20. **Ling Sun.** Architecture and Application Research of Cooperative Intelligent Transport Systems [Электронный ресурс] / Ling Sun. Добавлено: 10.02.2016. – Проверено:22.06.2016

<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1877705816003398>

21. **Sun Ye.** Research on Urban Road Traffic Congestion Charging Based on Sustainable Development [Электронный ресурс] / Sun Ye. Добавлено: 16.03.2012. – Проверено:22.06.2016

<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S187538921200274X>