

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

Институт машиностроения

(наименование института полностью)

Кафедра Проектирование и эксплуатация автомобилей

(наименование)

23.03.03 Эксплуатация транспортно-технологических машин и комплексов

(код и наименование направления подготовки, специальности)

Автомобили и автомобильное хозяйство

(направленность (профиль)/специализация)

**ВЫПУСКНАЯ КВАЛИФИКАЦИОННАЯ РАБОТА
(БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА)**

на тему Внедрение системы «Умный город» на примере организации дорожного движения.

Студент

А.А. Корякин

(И.О. Фамилия)

(личная подпись)

Руководитель

канд. техн. наук, доцент Е.А. Кравцова

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

Консультанты

канд. педг. наук, доцент С.А. Гудкова

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

Тольятти 2020

Аннотация

Бакалаврская работа по теме «Умный город», на примере организации дорожного движения.

Работа начинается с введения, в котором определены актуальность темы, цели и задачи.

В данной работе разобрана система управления дорожным потоком, с помощью системы умных светофоров и датчиков, учитывающих интенсивность и насыщенность потоков движения. Структура работы предоставлена введением, девятью разделами, заключением и списком источников.

Объект – интеллектуальная система контроля дорожного движения.

Цель – улучшение логистики транспортных потоков, для города Тольятти.

Задача – систематический анализ инфраструктуры умный светофор.

В первом разделе рассказано о принципах проектирования интеллектуальной транспортной системы и её внедрения.

Во втором разделе рассказано об архитектуре интеллектуальных транспортных систем.

В третьем разделе рассказано про взаимодействие с внешними информационными системами.

Практическая ценность бакалаврской работы заключается в том, что была разработана система, которая позволит рационально распределить нагрузку и упростить движение по дорогам внутри города.

В заключении сделаны выводы о проделанной работе

В целом бакалаврская работа содержит - 56 стр., в ней использованы таблицы - 11 шт., рисунки – 15 шт., диаграммы - 2 шт.

Abstract

The title of the graduation work is "Smart City". The graduation work is based on the example of traffic management.

The work begins with an introduction, in which the relevance of the topic of purpose and task are determined.

In this work, we analyze a traffic flow system controlled by using a system of smart traffic lights and transducer that take into account the intensity and density of traffic flows.

The graduation work consists of an introduction, nine chapters, conclusion and list of references.

The object of the graduation work is the intelligent traffic control system.

The aim of the graduation work is to create an intelligent traffic infrastructure in Togliatti based on network of smart traffic lights with the refinement of information collection system which provide a cheaper option for installing this network in the city.

The first chapter describes the principles of designing an intelligent transport system and its implementation.

In the second chapter we discuss the architecture of intelligent transport systems.

The third chapter describes interaction with external information systems.

The practical value of the work is the system design which can greatly simplify the traffic on the roads within the city and allow to distribute the traffic flow on all roads.

In conclusion, we come to conclusion on the work that has been done.

In general, the graduation work contains - 56 pages, it uses tables - 11 pcs., images - 15 pcs., diagrams - 2 pcs.

Содержание

Ведение.....	6
1. Принципы проектирования интеллектуальной транспортной системы (ИТС).....	8
1.1. Анализ мирового опыта проектирования ИТС.....	8
1.2. Особенности построения и функционирования ИТС в городах и регионах.....	9
1.3. Современный уровень развития ИТС регионов, городов.....	14
1.4. Поэтапное проектирование ИТС.....	16
1.5. Структура внедрения ИТС в РФ.....	17
2. Архитектура ИТС.....	20
2.1. Доменная архитектура ИТС.....	20
2.2. Функциональная структура ИТС.....	20
2.3. Классификация подсистем по отнесению к объектам и субъектам.....	22
3. Взаимодействие с внешними информационными системами.....	25
4. ИТС в обеспечении безопасности дорожного движения.....	26
4.1. Современные интеллектуальные системы повышения безопасности дорожного движения.....	26
4.2. Своевременное информирования о ДТП.....	26
4.3. Устройства предостережения превышения допустимой скорости движения.....	27
4.4. Детектирование неблагоприятных погодных-климатических условий.....	29
5. Интеллектуальные системы управления транспортными потоками.....	31
5.1. Приобретение информации.....	31

5.1.1. Датчик транспортного потока.....	31
5.1.2. Датчик для сбора метеоданных.....	33
5.1.3. Датчик состояния дорожного полотна.....	37
5.2. Передача транспортной информации.....	38
5.2.1. Дорожные контроллеры.....	39
6. Подсистемы ИТС в обеспечении контроля состояния дорог.....	40
6.1. Элементы, влияющие на состояние дорог.....	40
6.2. Задача ИТС в обеспечении контроля за состоянием дорог.....	40
6.3. Архитектура ИТС для строительства дорог	42
7. Пьезополимерные коаксиальные кабели.....	45
8. Умный светофор.....	46
8.1. Система умный светофор	46
9. Развитие ИТС в г. Тольятти	48
9.1. Разработка сети пьезоэлектрических датчиков в г. Тольятти.....	49
9.2. Работа сети датчиков с умными светофорами.....	50
Заключение.....	54
Список использованных источников.....	55

Введение

Умный город - система, состоящая из коммуникативных и информационных технологий. Благодаря данным технологиям, упрощается управление внутренними процессами больших городов и улучшается уровень жизни населения, оптимизируется нагрузка на дороги, уменьшается среднее время передвижения по городу и т.д. Умный город, выполняет важные задачи по сбору и передаче данных. Данные передаются, в свою очередь, представителям управления. Обеспечивается связь между администрацией и горожанами.

Система умный город постоянно улучшается, это происходит за счёт непрерывной обработки и обновления информации. Определённые датчики собирают информацию от участников дорожного движения. После анализа данных происходит оптимизация, которая решает проблему не эффективного использования ресурсов города.

Умный город состоит из следующих систем:

- видеонаблюдение и фотофиксация;
- интеллектуальные транспортные системы (ИТС);
- единая система экстренного вызова (пример – «Система-112» в России);
- единая диспетчерская служба и ситуационные центры;
- интернет вещей (IoT);
- пятое поколение мобильной связи (5G).

«Более подробно разберём Интеллектуальную транспортную систему (ИТС). Интеллектуальная транспортная система – это транспортная система, обеспечивающая своевременный обмен информации между участниками дорожного движения и системами управления, через любые виды связи.

Данная система может сильно повысить уровень безопасности на дорогах, эффективность пропускной способности и комфорт при передвижении по улицам города. Применение интеллектуальной транспортной системы возможно в любом транспортном режиме: железнодорожном, автомобильном, воздушном, водным. По сути интеллектуальная транспортная система, это отлаженный механизм, включающий в себя непрерывный сбор данных, связанных с движением по городу в реальном времени» [1].

Главной задачей ИТС является обеспечение и поддержка автоматического взаимодействия всех участников транспортного движения. По сути ИТС, это совокупность систем, с помощью которых можно своевременно реагировать на ситуации разного характера. Размещения ИТС невозможно без передачи данных между её отделами, с помощью интернета, камер видео наблюдения, данных со спутников и GPS. Обустройство ИТС осуществимо, только при использовании научных принципов, которые определяют эффективность данной системы, в определённом регионе. Данные собранные ИТС, могут использоваться для регулирования потока движения, починки старых дорог и постройки новых.

Существует необходимость в корректном сборе данных и рациональном их распределении. Что в свою очередь будут влиять на развитие и регулирование транспортных систем каждого города. Развивать данную систему необходимо в государственном масштабе.

1 Принципы проектирования интеллектуальной транспортной системы (ИТС)

1.1 Анализ мирового опыта проектирования ИТС

Для внедрения ИТС в инфраструктуру города, необходимо изучить уже имеющийся опыт разных стран мира. При более подробном изучении можно утверждать, что для установки данной системы необходимо учитывать особенности каждого участка, их индивидуальность, на котором планируется развернуть ИТС.

К примеру, в Соединённых Штатах Америки, проектирование опирается на многолетний опыт эксплуатации и внедрения в каждый мегаполис. Для внедрения или улучшения системы привлекаются эксперты, имеющие опыт работы в данной сфере. Далее специалисты дают оценку проблемам, которые система может решить, и количество, качество решаемых проблем. Необходимо обратить внимание на технические возможности по внедрению данной системы. После оценки, специалисты предлагают несколько проектов, и предпочтение отдаётся самому оптимально - выгодному варианту. Одним из популярных программных продуктов в США является MULTIMODAL INVESTMENT CHOICE ANALYSIS (MICA) или мульти - модальный инвестиционный анализ. Мульти - модальный инвестиционный анализ — это инструмент оценки, рентабельности предлагаемого проекта. При специализированных программах, сильно сокращаются затраты на анализ проекта ИТС и время проведения оценки.

В Европе ИТС проектируют более тщательно, ссылаясь на научный подход и опыт других стран. Исследования ведутся над всеми проектами, анализы предполагаемого решения, проверяется наличие значимости, для того что бы определить возможный эффект от внедрения ИТС. Поэтому в Европе данный механизм более затратный. По такому же принципу формируются проекты в Японии: идёт просчёт внутренней специфики, план деградации и модернизации системы.

1.2 Особенности построения и функционирования ИТС в городах и регионах

«Для создания автоматической системы управления дорожного движения (АСУД), необходимо решить вопросы экономической значимости тех задач, которые АСУД будет решать. В основном это необходимо для получения инвестиций, необходимых для создания различного рода систем. И чем больше будет выгода, тем больше будет развитие той или иной системы» [1].

Архитектура АСУД строится в зависимости от функциональности. В свою очередь, функциональность определяет состав оборудования, входящее в АСУД. Номенклатура АСУД может включать в себя следующие объекты:

- мастер дорожные контроллеры, обеспечивающие управление светофорами;
- детекторы транспорта;
- динамические информационные табло;
- управляемые дорожные знаки;
- система видеонаблюдения и регулирования;
- средства ограничения въезда.

Так же в современных системах выделяются до 4 уровней управления:

- центр;

- сектор (зона);
- группа;
- объект (периферийное устройство).

Разные периферийные устройства более или менее развиты. Каждый из уровней управления имеет свой вычислительный центр (Центр-Вычислительный комплекс; Зона - Индустриальный компьютер; Группа - Мастер-контроллер; Объект - контроллер).

Важной частью системы АСУД - это система связи. На данный момент используются все современные виды связи. Но в основном преобладают два вида связи, ведущая (оптоволоконная) и беспроводная (WI-Fi, Wi-Max). В данном вопросе предпочтение отдаётся проводному виду связи, в связи с её распространением и стабильностью.

В состав АСУД могут входить любые подсистемы, при этом необходимо, чтобы задействовали информационные потоки, связанные непосредственно с дорожным движением. Данная информация так же может быть востребована и другими составляющими ИТС.

«В архитектурно - технологическом плане, АСУД формируется из особенностей региона. Это может быть расположение на карте города, состав транспортных средств, экологические характеристики, а так же динамические характеристики, особенности поведения участников движения, климатические условия. С этого образуется определенная последовательность разработки технических требований к АСУД» [1]:

- разработка критериев оценки количественных характеристик показателей и их назначение;
- разработка номенклатуры функциональности;
- разработка общей архитектуры;
- разработка номенклатуры технических требований к АСУД в целом, а также модулям, составляющим и подсистемам;

— разработка технических требований к аппаратным и программным средствам;

— разработка технических требований к эксплуатации всех составляющих и контролю эффективности АСУД;

— разработка требований к стадиям внедрения. Так же есть основные принципы, которые должны быть заложены в основу реализации.

«Программно-аппаратных пакетов архитектуры АСУД:

— принцип открытой сетевой модели. Данный принцип основан на том, что объект управления состоит из узлов и связей между ними;

— принцип дополнительности источников информации. Этот принцип основан на том, что источники информации анализируют информацию, поступающую друг с друга;

— принцип полноты информирования участников движения. Этот принцип основан на подаче информации участников движения с помощью открытых информационных средств;

— принцип открытости архитектуры и протоколов связи. Данный принцип основан на использовании, такого оборудования которое позволяет модернизировать и расширить систему;

— принцип модульности. Этот принцип состоит в том, что каждый компонент системы является независимым, и при необходимости его можно починить или заменить;

— принцип реакционности. Этот принцип даёт возможность при выходя из строя одной системы, другой системе взять на себя её функционал;

— принцип минимизации объёма передачи информации. Этот принцип состоит в использовании городских ресурсов для передачи информации» [1].

Исходя из количества функциональности, можно выделить подсистемы, которые будет общими для АСУД всех видов (Табл. 1).

Таблица 1 - Перечень подсистем в АСУД (всех классов)

Подсистемы	Задачи
Хранение и архивирование данных	Обеспечение сохранности, целостности, не искажения данных и удобного доступа к ним
Транспортного и топологического описания объекта	Описание транспортных и топологических характеристик улиц и дорог
ГИС	Картографическая привязка данных
Топологическое описание	Топологическая привязка данных
Распределение данных	Автоматическое распределение информационных потоков с проверкой доставки по назначению
Мониторинг состояния дорог	Сбор, обработка и анализ информации о состоянии дорог, влияющей на параметры дорожного движения
Метеорологический мониторинг	Сбор, обработка и анализ метео информации
Обнаружение инцидентов	Автоматическая локализация, классификация инцидентов и оповещение о них
Видеонаблюдение	Визуальный контроль и архивирование дорожно-транспортной ситуации в городе
Мониторинг транспортных потоков	Сбор, обработка и анализ информации о параметрах транспортного потока: интенсивности, занятости, скорости, классификации ТС

Путевое информирование	Предоставление участникам движения полной, адресной и ранжированной актуальной информации о транспортной и метеорологической обстановке, а также о возможных направлениях движения по ходу маршрута
Широковещательное информирование	Информирование участников движения о важнейших событиях на УДС

Продолжение таблицы 1

Устранение последствий инцидентов	Регистрация событий, ограничение доступа на подходах
Мониторинг ремонтных и специальных ТС	Навигация, обеспечение связи и приватизации проезда
Обустройство участков ремонтных работ	Видео мониторинг, регистрация сроков и сообщение об их изменений
Управление периферийными устройствами	Передача управляющих команд от центрального/зонального ВК и доставка информации в обратном направлении
Моделирование и контроль эффективности АСУД	Транспортная оптимизация градостроительных решений

«Периферийное оборудование и оборудование связи применяется во всех системах АСУД, без исключений. При этом для различных классов, применяется разное оборудование. Все многообразие оборудования формирует банк ИТС (Таблица 2). Обеспечение иерархии команд достигается путём последовательного подключения всего оборудования к центру».

Таблица 2 - перечень подсистем в АСУД (всех классов)

Контроллеры	Светофорные контроллеры
	Специальные ИТС-контроллеры
	Универсальные ИТС-контроллеры

Средства контроля транспортных потоков	Детекторы транспорта стационарные
	Детекторы транспорта портативные
	Средства измерения скорости
Средства видеонаблюдения	Видеокамеры
	Видеомониторы и видео стены
	Преобразователи
Средства путевого информирования	Динамические информационные табло
	Управляемые дорожные знаки
	Дорожные знаки

Продолжение таблицы 2

Средства метеонаблюдения	Специфицируется в составе смежных ИТС-подсистем
Средства приема оплаты	
Средства ограничения въезда	
Средства контроля ТС	
Средства вычислительной техники	
Средства связи	

АСУД поддерживает два независимых потока информации: цифровой поток и видеоряд.

Цифровой поток, в свою очередь, это информация, собираемая от датчиков или других видов приобретения информации, в количественном составе.

Видеоряд представляет собой удаленное видеонаблюдение, на основе которого решаются многие задачи.

1.3 Современный уровень развития ИТС регионов, городов

«Основной задачей ИТС, в городах, это повышение пропускной способности транспортной сети и обеспечение безопасности участников дорожного движения. Для управления транспортной сетью, необходимо обеспечить область устройствами управления. Которые будут контролировать определенные транспортные узлы или перекрестки. Тем самым позволяя моментально реагировать на любую чрезвычайную ситуацию на дорогах» [2].

В современном понимании, управляющая система города выражена не только регулировкой движения светофорами, но и другими устройствами, и системами:

- информационные дисплеи, дающие водителю информацию о дорожном движении и возможность выбирать варианты путей движения;
- информация на дисплее транспортных средств.

Обеспечение безопасности, и реализация дорожного движения осуществляется через системы автоматизированного управления дорожным движением. Помимо базовых функций подсистем, по обеспечению организации и безопасности дорожного движения, также входят задачи:

- предупреждение об авариях;
- помощь водителю при наличии слепых зон;
- предупреждение о движении автомобиля экстренных служб;
- внешнее ограничение скорости;
- предупреждение об обледенелой дороге;
- предупреждение о тумане;
- предупреждение о движении на опасном участке;
- интеллектуальное управление съездами на развязках;
- интеллектуальное светофорное регулирование;
- система предупреждения о возможном столкновении на перекрестках;
- предупреждение об ограничении допустимой высоты ТС;
- предупреждение об отсутствии мест на парковке;
- помощь при слиянии транспортных потоков;
- информация от пешеходных переходов;
- управление автомобилем для предотвращения столкновений на пешеходных переходах;
- предупреждение на железнодорожных переездах;
- предупреждение о состоянии дороги;
- предупреждение о возможном перевороте автомобиля;
- дублирование дорожных знаков на дисплее автомобиля;
- SOS-сервис;
- рекомендации по выбору скорости;
- управление скоростными ограничениями;
- система помощи при начале движения от стоп – линии;

- предупреждение о нарушении правил светофорного регулирования;
- предупреждение о сигнале светофора;
- маршрутное ориентирование;
- перенаправление транспортных потоков;
- управление в экстренных ситуациях;
- принуждение к соблюдению правил;
- системы управления транспортом в случае ДТП;
- управление дорожным движением в местах проведения дорожных работ;
- предупреждение о проведении дорожных работ;
- системы адаптивного управления скоростными режимами в зависимости от изменяемых погодных-климатических условий.

1.4 Поэтапное проектирование ИТС

Проектирование ИТС состоит из определённых этапов, которые формируют общую структуру системы, представленную на (Рис. 1).

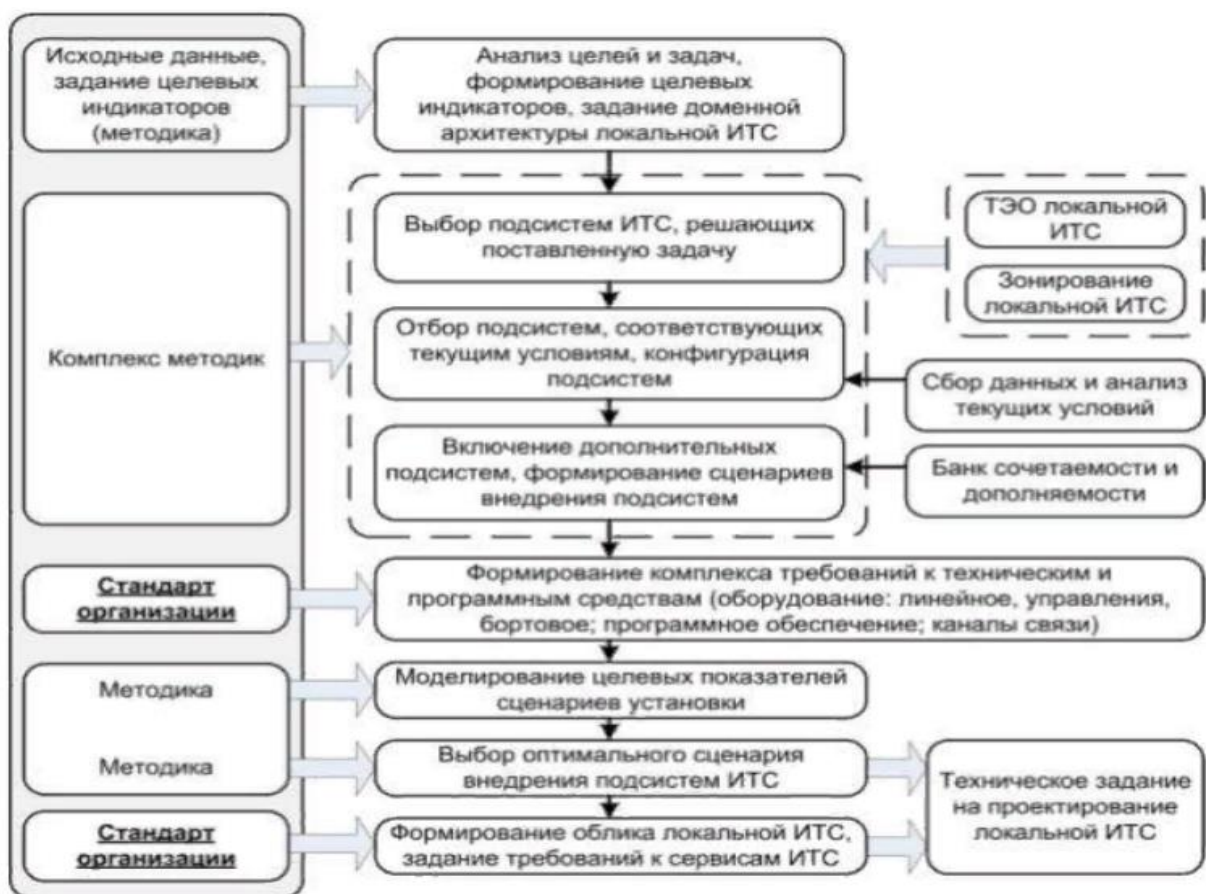


Рисунок 1 - План разработки и внедрения ИТС

«Далее следует тщательный анализ объекта. в результате этого анализа формируются подсистемы ИТС с требующимися дополнениями. Разрабатывается физическая и функциональная необходимость архитектуры. На данной стадии, хорошо просматривается функциональность проекта. Это необходимо для возможности ее модернизации, и для уточнения оптимальной работы системы. Далее следует внедрение системы и выход ее в рабочий режим, при этом учитывается поэтапное внедрение. Это необходимо для корректировки данной системы управления» [2]

1.5 Структура внедрения ИТС в РФ

При внедрении проекта ИТС в Российскую федерацию представляет следующие особенности:

- отсутствует инструмент подбора наиболее эффективного технического решения;
- отсутствуют системные стратегии модернизации;
- не берется во внимание синергетический эффект технических решений и средств управления.

Основным критерием выбора является ценовая политика. Таким образом, каждый проект сначала будет менее убыточным с минимальными физическими и функциональными свойствами. Это приводит к разовому применению системы, при этом требуются новые вложения при модернизации (Рис. 2).

«После этапа внедрения, следующим этапом является сдача комплекса под управление заказчика, что означает полное снятие ответственности и отсутствие дальнейшей технической поддержки от исполнителя. В данном случае для системы нужен анализ, обоснованная и модернизация квалифицированное управление. При этом у установщика ИТС отсутствует возможность предоставить неэффективную систему, потому что потребуются дополнительные средства из собственного бюджета» [3].

При внедрении системы ИТС оценивается его рентабельность. Достоверность оценки предполагаемого воздействия, зависит от исследования, которое приближает его к условиям реального функционирования. Основным инструментом оценки, представленных программных продуктов, является опыт, полученный при внедрении ИТС.

Социальный опрос населения помогает определить удобство, комфорт и отслеживать реальный эффект на уровне города. Метод оценки основан на внедрении в реальную транспортную систему. Такой метод сопровождается:

1. Вероятностью ухудшения транспортной обстановки;
2. Значительными затратами на исследования.

«Другой способ применяется на смежных и похожих проектах путем моделирования, учитывается константа, которая принята как опыт предыдущего внедрения, используется "коэффициент изменения", что снижает достоверность результата оценки, так как существует значительное количество особенностей, к тому же данный метод невозможно использовать в других «индивидуальных» проектах» [3].

Каждый из представленных способов имеет свои отрицательные и положительные стороны, так же существует вероятность ошибки, которая может повлечь за собой как инвестора, так и государство к значительным финансовым потерям.

С высоким темпом растет эффективность ИТС, как и рынок самих технических решений и предложений. В связи с этим необходимо создать аппарат достоверной оценки эффективности (с учетом синергетического эффекта), и оптимального подбора решения в сфере ИТС.

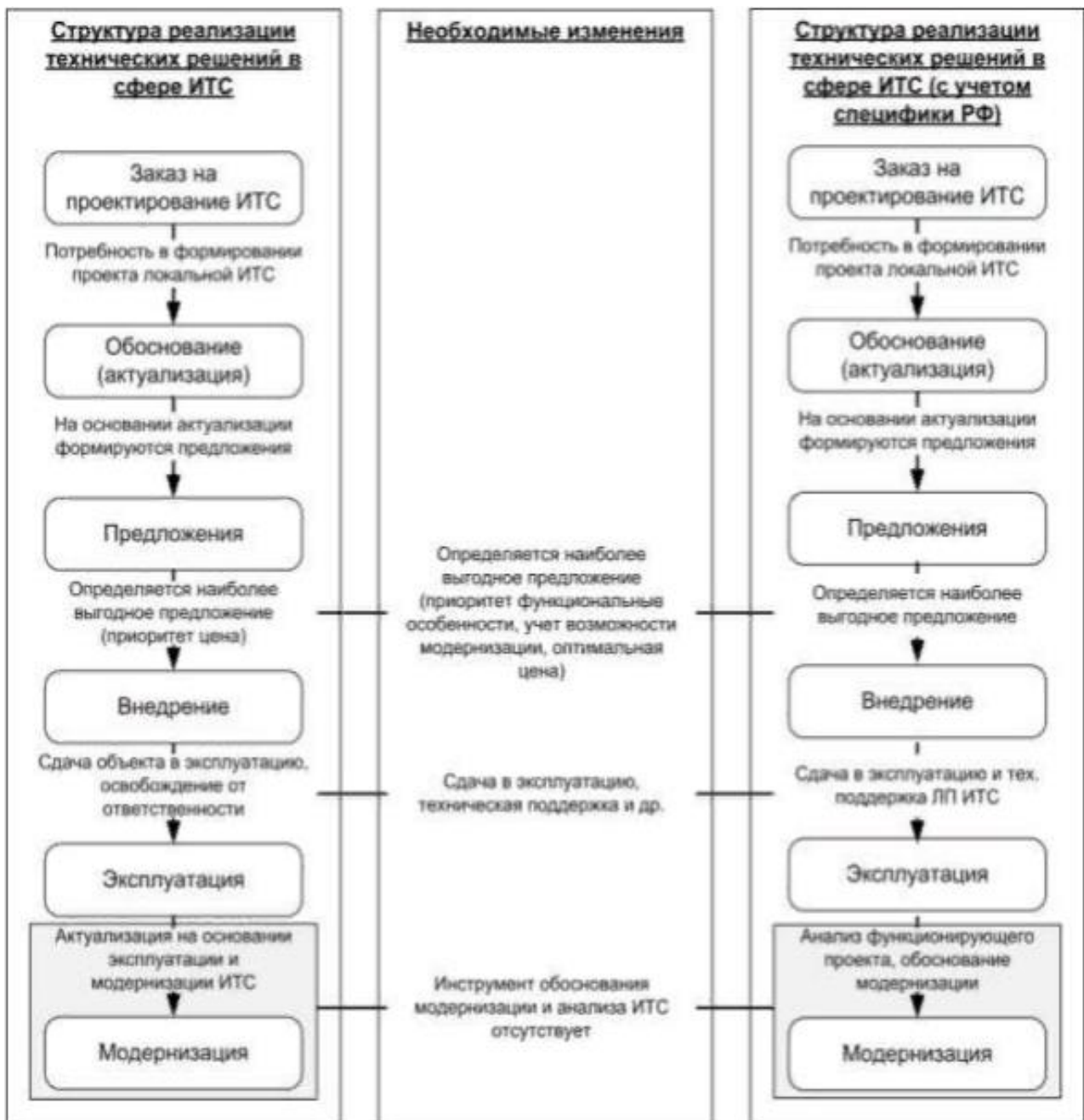


Рисунок 2 - Схема внедрения проектов ИТС.

Таким образом были рассмотрены принципы проектирования ИТС. Особенности построения, какие проблемы может решить, или возможные проблемы, возникшие в результате неправильного проектирования этой системы в различных городах.

2 Архитектура ИТС

2.1 Доменная архитектура ИТС

Доменная архитектура ИТС - это основа знаний в области ИТС, а так же сферах, где и как лучше следует её применения. Данная архитектура, является индивидуальной для каждого проекта, так как несёт в себе комплексное представление о структуре и объектах ИТС. Но можно выделить два объекта в доменной архитектуре ИТС, это инфраструктура (транспортное средство) и поддержание их коммуникаций.

В свою очередь коммуникация делится на:

- канал коммуникаций прямого типа. Он осуществляется через каналы связи;
- канал посредственного типа, основываясь на влияния технических средств и технологии, или по-другому информирования транспортного потока.

2.2 Функциональная структура ИТС

Функциональная структура определяет и направление развёртывание, и задачи, которые перед ней стоят. К основным задачам развёртывания ИТС относят: безопасность участников дорожного движения, мониторинг на дорогах, организация дорожного потока, отслеживание направления движения транспортных средств. Задачи формируют комплексы подсистем ИТС (рис. 3).

«Уровень модулей. К этой группе относятся объекты транспорта, которые классифицируются либо по назначению транспорта (коммерческие и индивидуальные), либо по функционалу. В свою очередь структуру объектов ИТС определяет группы подсистем. Эти группы подсистем включают составляющие технологии, например: управление транспортными потоками» [2].

Все подсистемы ИТС сформированы за счёт набора базовых технологий. Базовые технологии связаны с развитием телематических элементов, и созданием стандартов коммуникационного взаимодействия всех систем ИТС.

Функциональные требования к архитектуре ИТС и её описания:

- Уровневая структура системы;
- Линейное обеспечение системы;
- Уровень диспетчеризации - управление по задачам подсистем;
- Взаимодействие с внешними информационными системами (другой вид транспорта, министерств и ведомств);
- Уровень ситуационного управления - взаимодействие с органами исполнительной власти;
- Уровень мониторинга работы систем - анализ эффективности систем;
- Уровень интеграции в федеральную информационную систему;
- Элементный комплекс ИТС в объектах системы;
- Связевое взаимодействие всех объектов ИТС в разных режимах работы (штатный, оперативный, ситуационный).

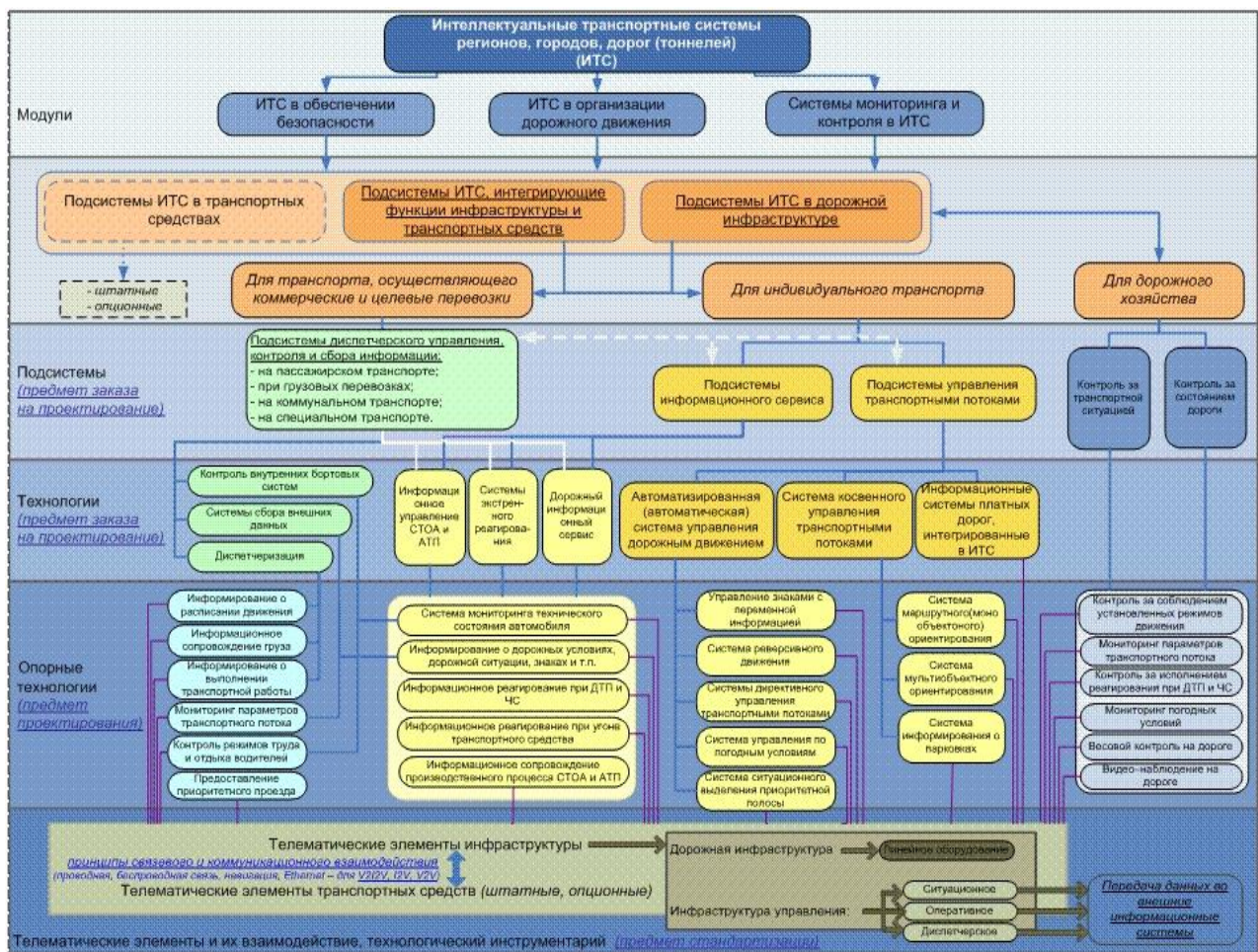


Рисунок 3 - Функциональная структура ИТС

2.3 Классификация подсистем по отнесению к объектам и субъектам

Классификация подсистем ИТС разбивается на уровни, которые в свою очередь подразделяются на сами подсистемы или технологии.

Уровни подсистем ИТС:

1. Подсистемы ИТС верхнего уровня. На этом уровне подсистемы независимы друг от друга, и могут размещаться независимо как вне её, так и в системе с другими подсистемами. Технические комплексы, которыми пользуется данный уровень — это инфраструктура, транспортные средства и персональные устройства.

Подсистемы, находящиеся в верхнем уровне:

1.1.Подсистема управления транспортными потоками. Управление осуществляется через знаки с меняющейся информацией и светофоры.

1.2.Подсистема косвенного управления дорожным движением и нормирования участников дорожного движения. Устройства: знаки с переменной информацией, динамическое информационное табло, передача информации на бортовое или персональное устройство.

1.3.Подсистема обеспечивающая безопасность транспортных средств.

1.4.Подсистема экстренного вызова помощи. Основная функция своевременное реагирование в случае ДТП или в другой критической ситуации.

1.5.Интеллектуальная подсистема сбора метеоданных. Условия видимости, температура дорожного покрытия и его состояние, и т.д. Весь контроль осуществляется через знаки с переменной информацией и информационным табло.

1.6.Подсистема принуждения к соблюдению правил дорожного движения. Позволяет выявить нарушителей на дороге.

1.7.Подсистема сбора платежей на платных участках дорог. Данная подсистема позволяет участникам движения выбирать маршрут, в зависимости от наличия далее по дороге пробки .

1.8.Подсистема информирования участников дорожного движения. Информация будет поступать на информационное табло, на бортовые устройства, включённых в систему ИТС и на персональные устройства.

1.9.Подсистема управления при возникновении чрезвычайных ситуаций и ликвидации их последствий.

1.10.Подсистемы по видам транспортной деятельности. Включает в себя управление общественным транспортом, управление коммунальным транспортом, контроль коммерческих автоперевозок и т.д.

1.11.Подсистема управления состояния дорог.

2.Подсистема ИТС нижнего уровня. Подсистемы данного уровня осуществляют инструментальную функцию и являются вспомогательными для систем верхнего уровня. Так же пользуется следующими техническими комплексами: транспортные средства и инфраструктура.

Включает в себя следующие подсистемы:

2.1. Подсистема сбора метеоданных. Сбор данных, для обеспечения безопасности дорожного движения, о температуре и состоянии дорожного покрытия, условия видимости и т.п.

2.2.Подсистема видеонаблюдения. Контроль ситуации на дорогах, а также их эксплуатационное состояние.

2.3.Подсистема распознавания транспортного средства и их идентификация.

3.Технологический инструментарий. Технологии, благодаря которым обеспечивается функциональная составляющая ИТС в решении задач. Технические комплексы: транспортные средства, инфраструктура, персональные устройства.

3.1.Обеспечение взаимодействия транспортных средств через спутниковые и наземные средства связи.

3.2.Передача информации. Обеспечение передачи информации до пользователей и её отображение.

3.3.Обеспечение защиты и хранения информации.

3.4.Обеспечение распространения информации по потребителям, заинтересованным в ней.

Таким образом, выяснили из чего состоит архитектура ИТС, формирование её подсистем, а также функции которые каждая система должна выполнять. Был рассмотрен принцип по которому формируется подсистема и строится архитектура ИТС

3 Взаимодействие с внешними информационными системами

Информационная система (ИС) - это система служащая для поиска, обработки и хранения информации. Взаимодействие с внешними информационными системами с ИТС является важной частью функционирования данной системы. Стыковка двух систем происходит на следующих уровнях:

1. Уровень взаимодействия с государственной ИС. На этом уровне осуществляется сбор информации о всех секторах жизнедеятельности общества. Стыковка по информированию происходит через федеральную надстройку.

2. Уровень взаимодействия со смежными ИС (ИС федеральной таможенной службы, коммунального обслуживания граждан, ИС министерство ведомств, социального обслуживания граждан и т.п.). Стыковка идёт за счёт связи диспетчерских служб различных подсистем ИТС.

3. Уровень внутренней стыковки. На этом уровне происходит стыковка подсистем ИТС, для этого необходимо предусмотреть определённые правила в отношении самостоятельных подсистем ИТС, имеющих ограничения оперативного взаимодействия и закрытую архитектуру.

Взаимодействие ИТС непосредственно устанавливается со следующими внешними системами:

- диспетчерские системы оперативных служб;
- диспетчерские системы коммунального транспорта;
- диспетчерские системы грузовых и пассажирских перевозчиков.

Стыкуемость ИТС, в том числе сегмент дорожного хозяйства, с ИС других видов транспорта должна обеспечиваться как мультиминистерственная информационная система со следующими сегментами:

- морской и речной транспорт РФ;
- железнодорожный транспорт РФ.

4 ИТС в обеспечении безопасности дорожного движения

4.1 Современные интеллектуальные системы повышения безопасности дорожного движения

ИТС повышает эффективность процесса перевозки и существенно снижает количество происшествий на дорогах. Об этом говорят реализованные в разных странах проекты. Инфраструктура, расположенная вдоль дорог, берёт на себя нагрузку по обработке и сбору информации, а также передачу этой информации водителю. Данная инфраструктура называется «Интеллектуальная автомагистраль».

Автомагистраль покрывается телекоммуникационной средой. Которая собирает разного вида данные (метеорологические, транспортные и т.д.) с любого участка автомагистрали. После сбора данных информация поступает в центр и там же обрабатывается, после отсылается водителю либо на дорожные знаки и дисплеи.

Для полного функционирования системы, при езде на автомагистрали, необходимо создать инфраструктуру и осуществлять следующие мероприятия:

- мониторинг состояния проезжей части, мониторинг потока и возможных препятствий на нём (заторы, ДТП);
- обработка информации;
- передача обработанной информации водителю;
- исполнение мероприятий.

4.2 Своевременное информирования о ДТП

При возникновении ДТП активизируются системы ликвидации ДТП и оказания помощи пострадавшим. Эти системы работают на основе спутниковых навигационных систем или средств радиосвязи, данная система

прокладывает оптимальный маршрут для спасателей, а врач в больнице может дистанционно управлять деятельностью спасателей, параллельно подготавливаясь к решению данной ситуации.

Сигнал тревоги может быть активизирован самим водителем, нажатием на кнопку тревоги, или системой бортового компьютера, среагировав на срабатывании подушки безопасности.

Современные средства защиты автомобиля — это электронные устройства по регистрации происшествий. Данные собранные этими устройствами идут на выявления причины аварий, и для улучшения конструкций автомобиля. Транспортное средство оборудуется несколькими датчиками, которые записывают информацию до происшествия (30 секунд) и после (15 секунд). Так же имеются данные о записи изображения пространства перед автомобилем и звукозаписи. Регистрируются следующие данные:

- скорость транспортного средства;
- ускорение в продольном направлении;
- ускорение в поперечном направлении;
- направление транспортного средства;
- число оборотов;
- угол поворота руля;
- состояние фар;
- состояние всех индикаторов.

4.3 Контроль соблюдения ПДД

Одним из нарушений ПДД является проезд на красный свет светофора. Данное нарушение является одним из самых серьёзных. Так как следствием является боковые столкновения на большой скорости, с очень тяжёлыми последствиями или летальным исходом.

«Подсистемы ИТС обеспечивают контроль нарушений ПДД, так же предусматривая систему наказания. Речь идёт о датчиках, которые регистрируют проезд машины на красный свет светофора. Первый датчик устанавливается под дорожным полотном на стоп линии. Он представляет собой кабель на базе пьезоэлектрических элементов. То есть при проезде через стоп - линию, на полотно создаётся давление, которое регистрирует датчик. Далее сигнал поступает в блок управления, и определяет поступил ли сигнал в тот момент, когда горит красный сигнал, если да, то второй датчик делает цифровую фотографию. Фотографии создаются 2 раза при проезде двух осей автомобиля» [4].

Частью системы служит устройство, которое предаёт фотографии в центр, где они будут хранятся в качестве доказательств для взимания штрафов.

Для начала необходимо уточнить, что цель системы не наказание за превышение скорости, а предотвращение этого на психологическом уровне. Для этого необходимо предупредить нарушителя и дать ему возможность не нарушать правил.

Датчики, с технической точки зрения, основаны на разных принципах действия, например: инфракрасные датчики микроволновые датчики, пара петель индукции, видео фиксация. Вся информация с этих датчиков направляется на управляемые дорожные знаки или на устройства транспортной информации.

Примером управляющего устройства можно привести символ «50» со светодиодами. Данный знак устанавливается на расстоянии 120 метров перед указателем с названием города. Для оценки соблюдения данного знака так же устанавливаются индуктивные петли для замера скорости, на расстоянии 120 метров перед знаком 50 и на расстоянии 20 метров перед знаком с названием города. Это позволяет определить какое количество машин соблюдает данное скоростное ограничение.

Результатом воздействия данной информации об ограничении скорости, с выключенными светодиодами, составляет только 41%, то есть этот процент водителей сбавляют скорость ниже 60 км/ч. Если же включить светодиод на данном знаке, то % водителей соблюдающий скоростное ограничение возрастёт до 92% (таблица 3).

Таблица 3 - Влияние предупреждающего устройства, на соблюдение знака, ограничивающего скорость

Скорость	Устройство выключено	Устройство включено
До 50 км/ч	8,6%	65,1%
До 60 км/ч	32,4%	27,1%
До 70 км/ч	36,0%	6,3%
До 80 км/ч	17,1%	1,2%
До 100 км/ч	5,9%	0,3%
Более 100 км/ч	0,4%	0,0%

Так же управляемые знаки кроме въездов в город используются в случае опасных поворотов, перед опасными перекрёстками.

Кроме знаков, ограничивающих скорость используют следующие знаки:

- «опасный поворот - направо/налево»;
- «опасные повороты – с первым поворотом направо/налево»;
- «скользкая дорога».

4.4 Детектирование неблагоприятных погодных-климатических условий

«Погодно-климатические условия — это важный параметр, который необходимо учитывать при движении на дороге. Для измерения данных

физических величин, на дороге используют датчики, расположенные в критических точках транспортной сети» [10]. Данные датчики или устройства считывают следующий ряд физических величин:

- температура поверхности проезжей части;
- температуры внутренних слоёв дорожной одежды;
- температура воздуха;
- температура образования росы;
- осадки;
- солнечное излучение.

Все эти данные отправляются в центр управления движением. В этом центре они оцениваются, и обрабатываются. Всё это необходимо для передачи водителю информацию об обледенении дороги или её влажности, а также о заблаговременном принятии мер по уходу за транспортным полотном. Самыми дешёвыми и простыми являются датчики, измеряющие температуру, видимость и количество осадков.

Таким образом, разобрали как ИТС участвует в обеспечении безопасности дорожного движения, как происходит регистрация правонарушений с помощью датчиков и камер. И как данная подсистема может на психологическом уровне заставить водителей соблюдать правила ПДД.

5 Интеллектуальные системы управления транспортными потоками

Интеллектуальные автомагистрали характерны тем, что способны записывать большое количество данных: метеорологические, экологические и количество транспортных средств. Так же данные автомагистрали способны фиксировать кратковременные и долговременные ограничения. Пример долговременного ограничения: кратковременные ДТП, ремонт дорожного полотна. Полученные данные с автомагистрали обрабатываются и передаются клиенту. Но для этого необходим сбор данных не только перед въездом на магистраль но и в процессе движения по ней .

Кроме сбора и обработки информации необходимо так же контролировать ситуацию на дороге, по средствам распространением информации.

5.1 Приобретение информации

«Поступление информации, относящейся к транспорту, идёт от различных и разнообразных источников. Примером источников информации являются: транспортные датчики, измеряющие интенсивность и скорость транспортного потока, метеорологические данные и состояние дорожного полотна. Вся измеренная информация собирается в режиме реального времени и передаётся в центры управления автомагистралями» [7].

Помимо показателей, снимаемых с датчиков, важна информация, собираемая с других инфраструктур. Примером такой информации служат: общественности, сообщения патрулей полиции и сервисных услуг, участвующей в организации работы транспорта. Весь смысл заключается в том, чтобы дать возможность водителям самим предоставлять информацию о

состоянии дорог. При этом, сообщить о проблемах на дороге водитель считает своей гражданской обязанностью.

5.1.1 Датчики транспортного потока

«В качестве примера разберём датчик интенсивности потока «Аркен» (рисунок 4). Данный датчик предоставляет данные о транспортном потоке и загруженности трассы. Принцип работы датчика основан на двух параллельных радарах, благодаря этому угол обзора датчика составляет 65 градусов и обзор дороги расширяется до 22 полос» [7].



Рисунок 4 - Датчик транспортного потока «Аркен»

Таблица 4 - характеристики датчика транспортного потока Аркен

Характеристика	Значение
Рабочие условия эксплуатации датчиков	от -50 °С до + 70 °С, относ. вл. воздуха до 95 % при температуре + 35 °С
Дальность действия (м)	от 1,8 до 76
Рабочая частота (ГГц)	24,125
Ширина полосы радиочастот (МГц)	245
Потребляемая мощность (Вт)	7,6
Масса (кг)	1,9

Данный датчик обозревает следующие параметры:

1. Интенсивность - количество регистрируемых машин за интервал времени;

2. Занятость полосы - показывает процентное соотношение времени, в течении которого зона контроля была занята транспортом;

3. Средняя скорость по полосе. Регистрируется 85% автомобилей двигающиеся по полосе.

5.1.2 Датчики сбора метеоданных

5.1.2.1 Датчик оптической видимости

«Датчик оптической видимости это один из примеров метеодатчика (нефелометр) (Рис. 5). Данный датчик предназначен для автоматических измерений метеорологической оптической дальности. Одним из важных факторов является дальность видимости, определяющая скорость движения автомобилей. Как только создаются плохие метеорологические условия, осадки или туман, резко падает видимость, риск возникновения ДТП повышается. Информация о снижении видимости позволяет вовремя предупредить водителей о снижении скорости» [7].



Рисунок 5 - Датчик оптической видимости

Таблица 5 - характеристики датчика оптической видимости

Характеристики	Значение
Диапазон показаний МОД (м)	От 0 до 30000

Продолжение таблицы 5

Диапазон измерений МОД (м)	От 10 до 10000
Приделы погрешности (%)	±10
Период обновления данных (с)	От 0 до 3
Температура воздуха (°С)	От -40 до +60
Относительная влажность воздуха, (%)	От 0 до 100
Скорость ветра (м/с)	От 0 до 60
Габаритные размеры (мм)	220 x 300 x 280
Напряжение питания от сети постоянного тока(В)	12

Метеорологическая оптическая дальность (МОД)- это оптическая характеристика определяющая дальность видимости.

5.1.2.2 Датчик температуры и влажности воздуха

«Датчик (Рис. 6) предназначен для измерения влажности окружающей среды и её температуры. С помощью этого устройства, дорожные службы быстро реагируют на все экстремальные изменения, и вовремя принимают меры, связанные с оповещением участников дорожного движения и обслуживанием дороги. Данный датчик состоит из измерительных элементов, термометра и датчика влажности» [7].



Рисунок 6 - Датчик температуры и влажности

Таблица 6 - Характеристики датчика температуры и влажности

Характеристика	Значение
Диапазон измеряемых температур (°C)	от -40°C до +50°C
Предел допускаемой основной погрешности канала измерения температуры (°C)	±0,5 °C
Диапазон измерений относительной влажности (%)	от 10 до 98%
Продолжение таблицы 6 Предел допускаемой основной погрешности канала измерения относительной влажности (%)	±3 %
Рабочие условия эксплуатации датчиков (°C)	от - 40°C до + 50°C
Масса (Кг)	0,75 кг
Габаритные размеры (мм)	210 Ø95

5.1.2.3 Датчик осадков

Датчик осадков (Рис. 7) необходим для измерения интенсивности и количества осадков (снег, дождь). Все данные необходимо собирать для содержания дороги.

«Датчик устроен следующим образом: капли или снежинки прерывают луч, который идёт из светоизлучателя и принимается светоприёмником. Устройство фиксирует прерывание луча, и после обработки информации по специальной программе выдаёт сообщение об интенсивности и вида осадков» [7].



Рисунок 7 - Датчик осадков

Таблица 7 - Датчик осадков

Характеристики	Значение
Количество типов определения осадков	дождь, дождь со снегом, снег, мокрый снег
Размер регистрируемых частиц выпадающих атмосферных осадков (мм)	от 1 до 5,0 мм
Минимальное количество атмосферных осадков (мм)	0,2 мм
Рабочие условия эксплуатации датчиков	от минус 40 до 50 °С, до 100% относительной влажности
Масса, не более (Кг)	4 кг

5.1.2.4 Датчик скорости воздушного потока

«Для измерения скорости ветра необходим датчик скорости воздушного потока (Рис.8). Собираемая информация с это датчика необходима для предупреждения водителей о сильном боковом ветре» [7].



Рисунок 8 - Датчик скорости воздушного потока

Таблица 8 - Датчик скорости ветра

Характеристики	Значение
Диапазон измерения скорости воздушного потока (м/с)	от 0,7 до 30 м/с
Пределы допускаемой абсолютной погрешности измерений скорости воздушного потока (м/с) где V – измеренное значение скорости воздушного потока (м/с)	$(0,4+0,035 \cdot V)$
Рабочий температурный диапазон (°C)	от -40 до +50 °C
Масса (Кг)	0,38
Габаритные размеры (мм)	155 × 206

5.1.3 Датчик состояния дорожного полотна

«Измерение концентрации соли, толщины водяного покрытия дорожного полотна, обнаружения льда на поверхности, для всего этого нужен прибор учитывающий состояние дорожного полотна (рис. 9). Всё это позволяет правильно разработать план по работе транспортных служб, а также необходимый объём работ и объём реагентов в зимнее время» [7].

В дорожном полотне устанавливается датчик. Он сделан в специальном корпусе, который защищает от дождевых капель и пыли. Так же датчик устойчив к электромагнитным помехам. И исходя из этого он является надёжным, долговечным и экологически безвредным для окружающей среды.



Рисунок 9 - Датчик состояния дорожного полотна

Таблица 9 - Характеристики датчика состояния дорог

Характеристика	Значение характеристики	Значения обеспечиваются при температуре, °С
Диапазон измерений толщины слоя воды (мм)	от 0,1 до 4,00	от 0 до плюс 60
Пределы допускаемой абсолютной погрешности измерений толщины слоя воды (мм)	$\pm (0,05+0,2 \cdot \text{Сизм})$	от 0 до плюс 60
Диапазон измерений толщины слоя водного раствора NaCl, (мм)	от 0,1 до 2,00	до +60°С
Пределы допускаемой абсолютной погрешности измерений толщины слоя водного раствора NaCl (мм)	$\pm (0,05+0,3 \cdot \text{Сизм})$ *	до +60°С
Диапазон измерений концентрации водного раствора NaCl (%)	от 0,2 до 20,00м	до +60°С
Пределы допускаемой абсолютной погрешности измерений концентрации соли NaCl. (%)		
- в диапазоне от 0,2 % до 10,00 % включительно;	$\pm (0,3 \cdot \text{Сизм})$ *	**...+60°С
- в диапазоне от 10,00 % до 20,00 % включительно;	$\pm (0,4 \cdot \text{Сизм})$ *	-
Период обновления измеренных значений, с	180	-
Срок службы (лет)	8	-

Габаритные размеры (мм)		
- диаметр основания	94	-
- диаметр вершины	90	-
- высота	35	-
Масса (Кг)	1,1	-

5.2 Передача транспортной информации

«Информация, предварительно обработанная, передаётся потребителям, из центра управления (Рисунок 10). Передача осуществляется различными способами: передача локализованной, каналом транспортных сообщений, транспортной информации, с помощью цифровой радиопередачи, связи с сотовыми телефонами. В большинстве случаев используется передача данных через сеть интернета. Всю информацию необходимо передать потоку, и для этого используются управляемые дорожные знаки или информационные дисплеи» [15].



5.2.1 Дорожные контроллеры

Дорожные контроллеры - это промышленные компьютеры, служащие для управления дорожного движения путём переключения сигналов светофора, многопозиционных дорожных знаков и информационных стендов (Рис. 11).

Дорожные контроллеры служат для распределения нагрузки на дорогах, путём переключения знаков светофора. Так же дорожные контроллеры, в зависимости от конструкции, могут сигнализировать о своей неисправности, либо могут входить в сеть контроллеров на особо крупных перекрёстках, где побочные контроллеры будут подчиняться основному.

Так же контроллеры подразделяются на локальные и системные в зависимости от требований на данном участке пути.

Локальные контроллеры управляют сигналами на определённом светофоре, никак не связанных между собой:

1. Контроллер жёсткого управления. Данные светофоры предназначены для перекрёстков где в зависимости от времени меняется интенсивность движения.

2. Вызывные устройства. Данные контроллеры устанавливаются на пешеходных переходах и активируются нажатием пешехода на кнопку.

3. Контроллеры адаптивного управления. Данные контроллеры по назначению аналогичны контроллерам жёсткого управления, но их устанавливают на более перегруженные участки дорог. Разница в том, что контроллер адаптивного управления обеспечивают не постоянную длительность фаз горения сигнала. Длительность сигналов определяется частой сменой нагрузки на дороги в течении суток.

Системные контроллеры подразделяются на следующие типы:

1. Программные контроллеры жесткого управления. Управляются по ранее заданным временем программа, присылаемых из центра.
2. Контроллеры для переключения символов управляемых дорожных знаков и указателей рекомендуемой скорости. Такие контроллеры, как правило, применяются в рамках АСУД, поэтому относятся к классу системных.
3. Контроллеры жёсткого и адаптивного



Рисунок 11 - Дорожный контроллер

6 Подсистемы ИТС в обеспечении контроля состоянии дорог

6.1 Элементы, влияющие на состояние дорог

Дорожное хозяйство России – это единый производственно-хозяйственный комплекс, который включает в себя автомобильные дороги общего пользования и инженерные сооружения на них. Автомобильные дороги являются важной составной частью транспортной системы. Экономический рост, повышение уровня жизни населения - всё это зависит от уровня развития и состояния сети автомобильных дорог. Состояние дорог является важным критерием для условий дорожного движения, формировании его удобства и безопасности. На состояние дороги влияют следующие элементы: транспортно-эксплуатационные характеристики, её геометрические параметры дороги, инженерное оборудование и обустройство, здания и

сооружения для обслуживания водителей, пассажиров, транспортных средств, для дорожно-эксплуатационной службы и др.

В крупных городах РФ более 80% ДТП имеют сопутствующие условия:

- низкие сцепные качества покрытия;
- отсутствие горизонтальной разметки;
- недостаточное освещение;
- ограниченная видимость;
- неудовлетворительное состояние обочины.

6.2 Задача ИТС в обеспечении контроля за состоянием дорог

«Одним из важных направлений по работе автомобильного транспорта является надежность и качество, применяемых в инструментальных средствах контроля. Данные средства основаны на современных телематических технологиях, и управление работой специализированного транспорта дорожных эксплуатационных предприятий, задействованного на содержании автомобильных дорог. Задачей подсистемы ИТС в обеспечении контроля за состоянием дороги является информационное и управляющее сопровождение комплекса выполняемых работ» [17]:

- по уходу за дорогой, дорожными сооружениями и полосой отвода;
- профилактике и устранению мелких повреждений;
- организации и обеспечению безопасности движения, а также по зимнему содержанию и озеленению дороги.

«Подсистема ИТС в обеспечении контроля за состоянием дороги, кроме базовой структуры, включает в себя технологию управления дорожным хозяйством и формирование критериев специфического использования конкретной машины или типа оборудования» [17].

«Наличие высокоэффективных и надёжных систем и комплексов машин, различного назначения, обеспечивающие высокое качество работ,

существенное повышение производительности и сокращение материальных, трудовых затрат и энергетических, является обязательным условием бесперебойного функционирования и существования современных транспортных сооружений» [17].

Для полного функционирования подсистем ИТС в обеспечении контроля за состоянием дороги, необходима гибкая система управлением движением. Данная система должна позволять чутко реагировать на изменения условий движения, прогнозировать и задавать оптимальные режимы движения. Для этого необходимо создать систему оборота исходной и управляющей информации в подсистемы ИТС (Рис. 12).

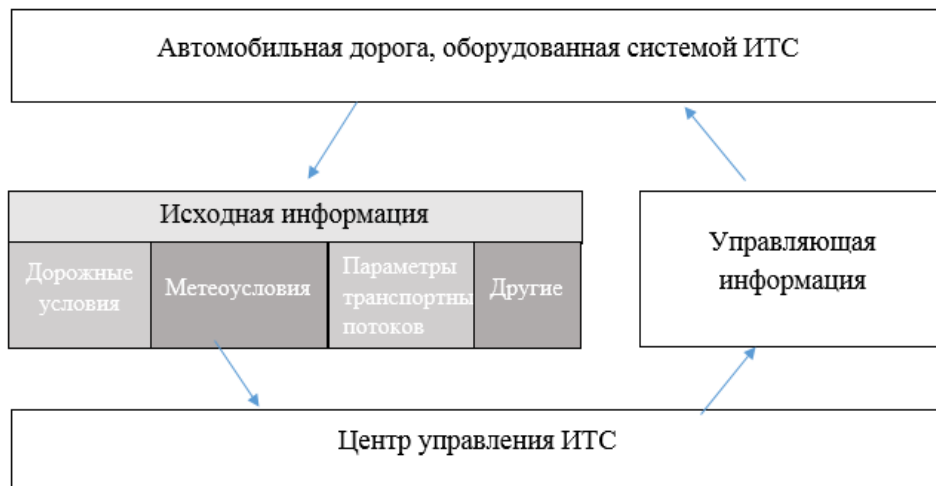


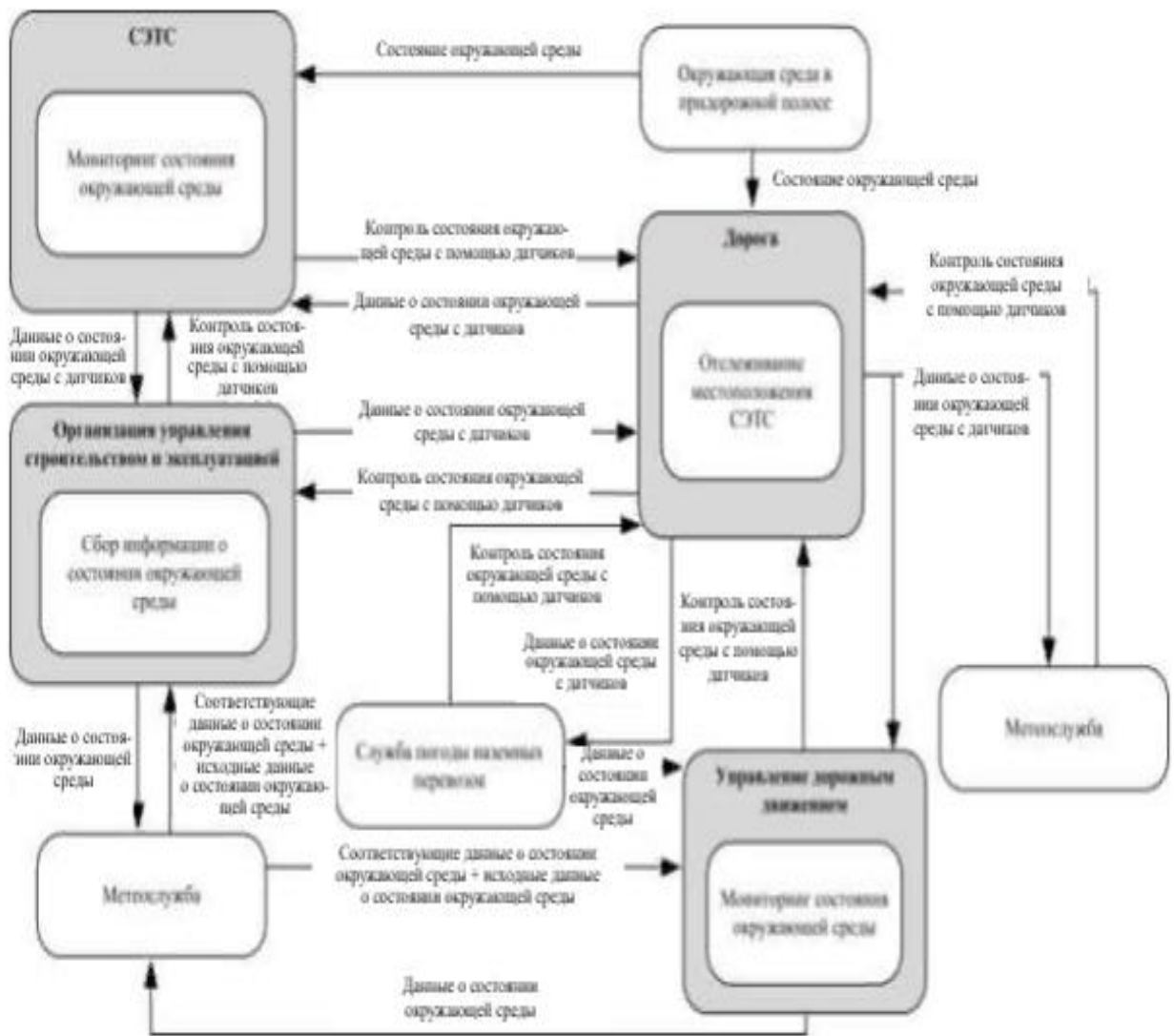
Рисунок 12 – оборот информации в системе ИТС

6.3 Архитектура ИТС для строительства дорог

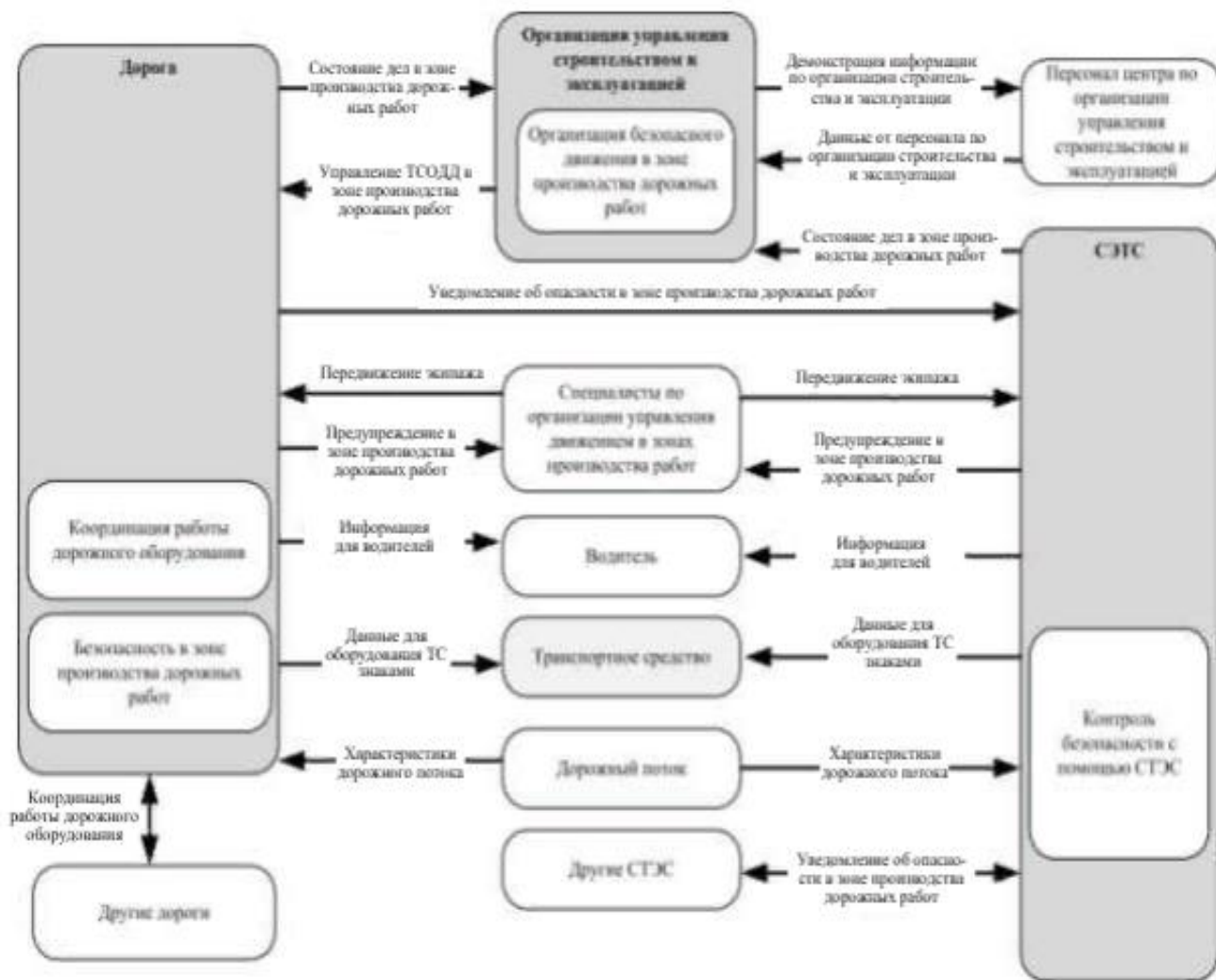
Типовая архитектура подсистемы ИТС (Рис. 13) для контроля процессов, связанных с эксплуатацией и строительством дорог, с учетом диспетчерского управления специальным транспортом, сбора метеоданных (погодные условия) и контроля безопасности в зоне производства дорожных работ.



а) с учетом диспетчерского управления специальным транспортом



б) с учетом сбора метео данных (погодные условия)



в) с учетом контроля безопасности в зоне производства дорожных работ

Рисунок 13 - архитектура подсистемы ИТС для контроля процессов, связанных с строительством дорог и эксплуатацией: СЭТС – транспортные средства, предназначенные для строительных и эксплуатационных работ; ОУСЭ – организация управления строительством и эксплуатацией; ТСОДД – технические средства организации дорожного движения.

Были разобраны подсистемы ИТС в обеспечении состояния дорог, их задачи, а также архитектура ИТС для строительства дорог. Помимо этого, подробно было разобрана как система влияет на движение дорожного потока, как она может регулировать дорожные потоки и воздействовать.

7 Пьезополимерные коаксиальные кабели

«Пьезоэлектрические кабели это один из видов пьезополимерных датчиков. Данные кабели имеют коаксиальное строение, в таких датчиках диэлектрик находится между центральной жилой и медной оплёткой. Данный кабель при сжатии или растяжения создаёт заряд, или напряжение, генерируемый пропорционально величине силы сжатия или растяжения. Данные кабели достаточно прочные и выдерживают значительные нагрузки (до 100 Мпа), к примеру давление оси грузовика. Так же они достаточно гибкие и водонепроницаемые, имеют высокий диапазон рабочих температур» [19].

Применение датчиков:

- дистанционные датчики вибрации;
- матрасы для мониторинга пульса, дыхания, телодвижения;
- датчики касания бампера транспортного средства;
- датчики незаконного вскрытия двери;
- охранные ограждения;
- звукосниматели гитар и музыкальных инструментов;

Состав пьезоэлектрических кабелей:

- центральная жила;
- пьезоэлектрический слой;
- плетённый экран;
- внешняя изоляция.

Таблица 10 - Характеристики датчика

Характеристики	Значение
Предел прочности на разрыв (Мпа)	60
Температурном диапазон (°С)	От +40 до +125
Плотность (кг/м ³)	1890
Продольный пьезокоэффициент («В» м/Н)	250x10 ³

8 Умный светофор

«Умный светофор – это система управляющая сигналами светофора. С помощью данной системы улучшается пропускная способность потока дорожной сети. Другими словами, это светофор, работающий не в обычном, строго определённом режиме, независимо не от чего, а светофор, который переключает сигналы исходя из количества транспортных средств в каждом из направлений» [31].

«Система «умный светофор» состоит из контроллеров, удаленных датчиков движения и видеокамер. Данные датчики в режиме реального времени отслеживают загруженность перекрестков и передают данную информацию на центральный сервер управления. Связь с которым, осуществляется через радиосигналы или по оптоволоконной связи. После чего на самих светофорах рассчитывается время для каждого сигнала» [31].

8.1 Система умный светофор

Сигнал с датчиков или камер поступает в модуль обработки информации. В данном модуле выделяются подвижные транспортные средства. После этого, на основе показаний, центральный светофор даёт команду расчёта времени и типа сигнала, красного или зелёного.

Внедрение системы умный светофор решает следующие проблемы:

- снижение аварийности и повышение безопасности дорожного движения;
- увеличение пропускной способности на оборудованных, данной системой, перекрёстках;
- увеличение средней скорости проезда, на оборудованных перекрёстках.

Между тем, хочется отметить, что при всех плюсах данной системы, следует принять во внимание, что один и даже три «умных светофора» ничего не изменят. Идеальный результат будет, если взаимосвязанной системой покрыть весь город. Только таким образом, система способна максимально оптимизировать поток и уменьшить количество пробок.

Таблица 11 - Характеристика светофора

Характеристика	Значение
Диапазон рабочих температур	– 60°С - +60°С
Напряжение питания	~220В ±15%
Средняя потребляемая мощность секции, Вт, не более	Для различных типов контроллеров
Красной	9-11 Вт
Желтой	9-12 Вт
Зеленой	8-9 Вт
Масса одной секции, кг не более	
Ø 200 мм	2,3
Ø 300 мм	3,6
Средний срок службы источника света, лет	10

9 Развитие ИТС в г. Тольятти

На данный момент в г. Тольятти, при ремонте Южного шоссе в 2017 году, была установлена интеллектуальная транспортная система. Так же в целях сокращения перегрузок дорог, в 2019 году, началось строительство улицы Офицерской, в комплексе с Южным шоссе, которая является прилегающей улицей. Планируется достигнуть более эффективной работы системы, уменьшение заторов на перекрестках, повышение пропускной способности дорог. При внедрении ИТС в городе Тольятти можно составить прогноз, на основе данных других городов, примером которого, является г. Москва. Снизится нагрузка на дорогах города Тольятти, в каждом из районов (Диаграмма 1).



Диаграмма 1 - Расчёт уменьшения нагрузки на дорогах

Помимо уменьшения нагрузки наблюдается так же и снижение количества ДТП и пострадавших в них (Диаграмма 2).

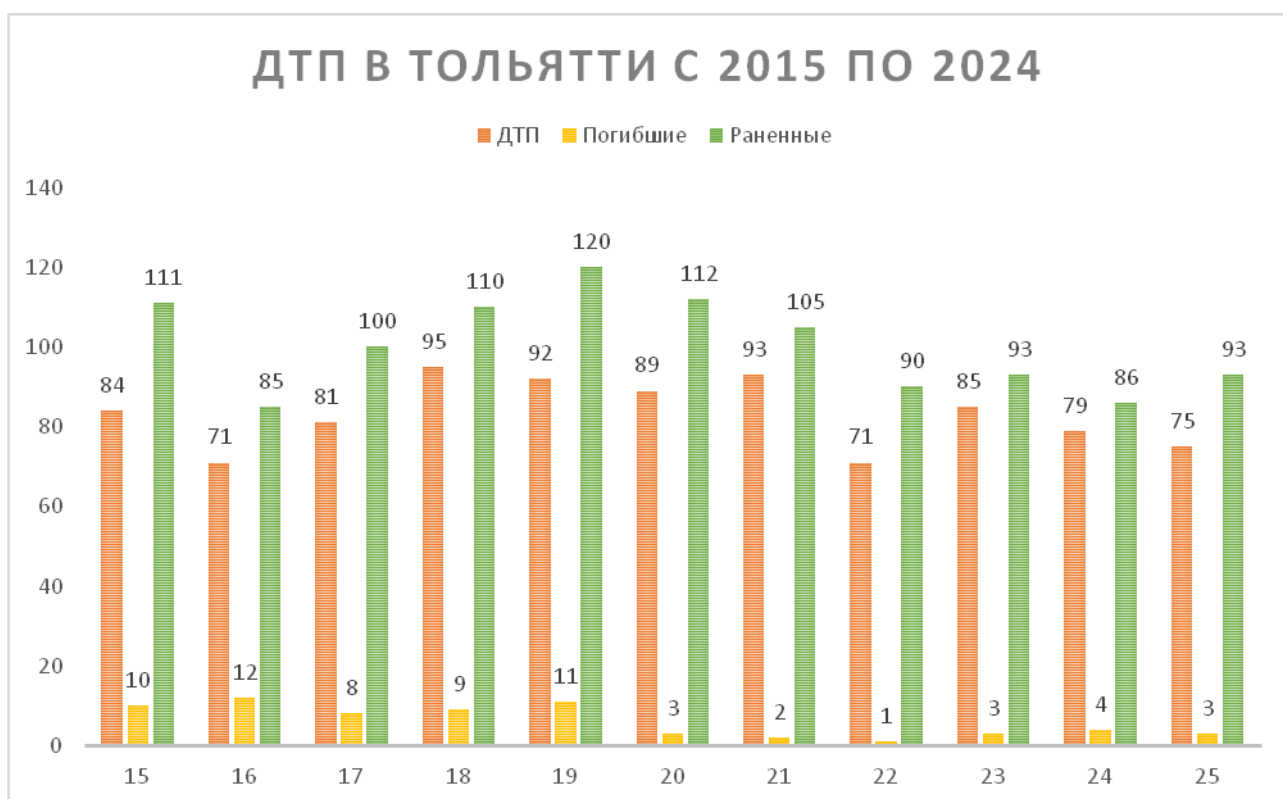


Диаграмма 2 - Прогноз уменьшения ДТП на дорогах

9.1 Разработка сети пьезоэлектрических датчиков в г. Тольятти

Я предлагаю разработать сеть датчиков в г. Тольятти, прежде всего, следует начать с разбития сети дорог Тольятти на отдельные участки или секторы. Необходимо учесть, что данный вид датчиков будет располагаться на всех перекрёстках внутри города и будут соединены между собой и светофорами, в качестве примера возьмём Автозаводской район (Рис. 14). Но данная система может считывать показания только с перекрёстков, это означает что транспортные средства могут объезжать данные датчики. Это означает что при расчёте загруженности дорог необходимо учитывать данный фактор и вносить определённый коэффициент, который в первое время работы датчиков будет помогать рассчитывать загруженность на дороги. Но при более долгой эксплуатации данной системы данный коэффициент перестаёт быть

данных поможет только при расчёте износа дорожного полотна. Поэтому стоит внедрить в данную сеть умные светофоры, которые будут рассчитывать длительность определённых сигналов в зависимости от нагрузки на определённый участок сети (Рис. 15).

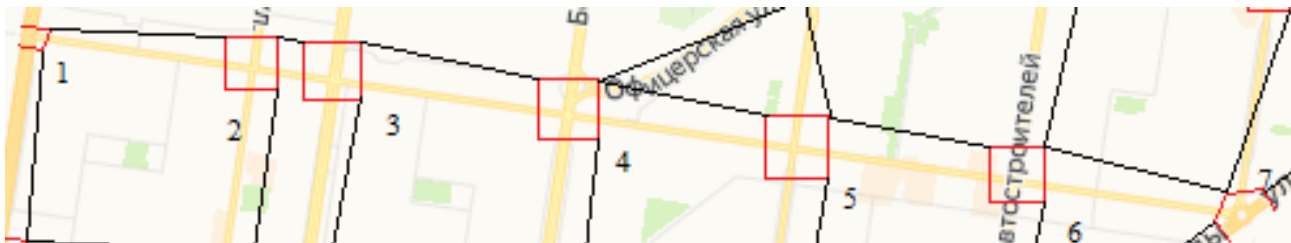


Рисунок 15 - Разбор участка сети дороги

Датчики фиксируют, что на отрезке пути от 5 до 6 въехало 123 машины за 10 минут, что не устраивает нормальную нагрузку на данный отрезок пути. Следовательно, на данном отрезке пути образовалась пробка и для того что бы её устранить необходимо светофорам с 3 по 4 увеличить время работы красного сигнала для транспортных средств, в то время как светофор 6 должен наоборот сократить время работы красного сигнала в пользу зелёного. Тем самым нагрузка дороги распределится, уменьшая количество машин, въезжающих на отрезок 5-6 и увеличивая количество машин, уезжающих с данного отрезка пути.

Заключение

Во время выполнения работы мною была разработана система по контролю дорожных потоков, которая может считывать показания с дорожного полотна. Данная система с помощью специального программного обеспечения обрабатывает всю информацию и отправляет её по сети интернет. Всё это помогает своевременно реагировать на движения машин и контролировать плотность потока по всей сети с помощью расчёта длительности знаков на светофоре. Данная система помогает уменьшить количество ДТП, смертность на дорогах, уменьшить среднее время поездки по городу, распределить нагрузку по дороге, рассчитать износ дорожного полотна, также среднюю скорость дорожного потока.

В первом разделе разобраны принципы проектирования интеллектуальной транспортной системы и её, поэтапно, внедрение в инфраструктуру города.

Во втором разделе более подробно разобрана архитектура интеллектуальных транспортных систем, из чего она состоит, как формируется и что характеризует формирование каждой из подсистемы ИТС.

В последующих разделах разобраны системы и приборы, обеспечивающие работу интеллектуальных транспортных систем, их характеристики особенности и нюансы работы.

Данная сеть очень актуальна в наше время и ещё долго не потеряет своей актуальности. Так же данную систему можно разработать индивидуально для каждого города Российской Федерации.

По итогу выполненной выпускной квалификационной работы, хотелось бы еще раз подчеркнуть важность разработки умной системы по контролю движения на автомагистралях, так как с каждым годом увеличиваются

дорожно-транспортные происшествия, не только по вине водителей, но и из-за качества дорожного полотна, инфраструктуры вдоль дорог.

Список используемых источников

1. Жанказиев С. В. Интеллектуальные транспортные системы: учеб. пособие / С.В. Жанказиев. – М.: МАДИ, 2016 – 120 с.
2. Интеллектуальные транспортные системы на автомобильных дорогах федерального значения России. / Евстингеев И.А. Издательство «Перо» 2015. -164 с.
3. Интеллектуальные транспортные системы — проблемы на пути внедрения в России [Электронный ресурс] Режим доступа: <https://habr.com/ru/post/175497/>
4. Фотовидеофиксация нарушений ПДД [Электронный ресурс] Режим доступа: <https://www.vocord.ru/solutions/fotofiksatsiya-narusheniy-pdd/>
5. Интеллектуальные транспортные системы [Электронный ресурс] Режим доступа: <https://www.intelvision.ru/blog/smart-transport-system>
6. Место Интеллектуальной транспортной системы в инфраструктуре Умного города [Электронный ресурс] Режим доступа: <https://zen.yandex.ru/media/aiqcnt/mesto-intellektualnoi-transportnoi-sistemy-v-infrastrukture-umnogo-goroda-5bb2f3fafa7b2900aa92e8f2>
7. Системы дорожного мониторинга [Электронный ресурс] Режим доступа: <https://mm94.ru/catalog/sistemy-dorozhnogo-monitoringa>
8. Пьезоэлектрические кабели [Электронный ресурс] Режим доступа: <http://datchikisensor.narod.ru/081.html>
9. ГОСТ 56294-2014 Интеллектуальные транспортные системы [Электронный ресурс] Режим доступа: https://allgosts.ru/35/240/gost_r_56294-2014
10. Системы дорожного мониторинга [Электронный ресурс] Режим доступа: <https://mm94.ru/catalog/sistemy-dorozhnogo-monitoringa>

11. Методы исследования дорожного движения [Электронный ресурс]
Режим доступа: <https://poisk-ru.ru/s26806t8.html>
12. Информирование участников дорожного движения [Электронный ресурс]
Режим доступа: <https://its-sib.ru/mm-solutions/mm-inform>
13. Сведения о показателях состояния безопасности дорожного движения [Электронный ресурс]
Режим доступа: <http://stat.gibdd.ru>
14. Новости Госавтоинспекции [Электронный ресурс]
Режим доступа: <https://гибдд.рф/>
15. Информирование участников дорожного движения [Электронный ресурс]
Режим доступа: <https://its-sib.ru/mm-solutions/mm-inform>
16. Авто Новатор [Электронный ресурс]
Режим доступа: <https://carnovato.ru/kamera-na-stop-liniyu/#i>
17. Системы дорожного мониторинга. Интеллектуальная транспортная система [Электронный ресурс]
Режим доступа: <http://mkk-group.ru/production/traffic/>
18. Метод мониторинга актуального состояния российских автодорог смартфонами пользователей [Электронный ресурс]
Режим доступа: <https://habr.com/ru/post/460159>
19. Пьезополимерные коаксиальные кабели [Электронный ресурс]
Режим доступа: https://studopedia.su/9_105465_pezopolimernie-koaksialnie-kabeli.html
20. В Тольятти внедряют интеллектуальную транспортную систему кабели [Электронный ресурс]
Режим доступа: <https://tlt.ru/city/v-tolyatti-vnedryat-intellektualnuyu-transportnuyu-sistemu/2118348/>
21. Светофор транспортный светодиодный [Электронный ресурс]
Режим доступа: <https://tdmegaprom.ru/svetofor-transportnyj-svetodiodnyj-t-1-1-200mm-art-78.html>
22. Как транспортные технологии меняют Москву [Электронный ресурс]
Режим доступа:

<https://zen.yandex.ru/media/id/5c6a86095f895b00aef0e6d7/kak-transportnye-tehnologii-meniaiut-moskvu-5c9b4e33bc05f83db7b84eed>

23. Количество погибших в ДТП в Москве [Электронный ресурс]
Режим доступа: <https://www.kommersant.ru/doc/4226332>

24. Катафот [Электронный ресурс] Режим доступа:
http://www.katafot.su/?_openstat=ZGlyZWN0LnIhbmRleC5ydTszMDQwNTU2Nzs0ODQzMzQ0NjI0O3lhbmRleC5ydTpwcmVtaXVt&yclid=2617923360707337470

25. Intelligent Transport [Электронный ресурс] Режим доступа:
<https://www.intelligenttransport.com/>

26. Traffic sensors [Электронный ресурс] Режим доступа:
<https://trafficsensors.com/>

27. Intelligent Transport Systems (ITS) [Электронный ресурс] Режим
доступа: http://www.jsce-int.org/system/files/ITS_Introduction_Guide_2.pdf

28. Intelligent Transportation System [Электронный ресурс] Режим
доступа: <https://www.sciencedirect.com/topics/engineering/intelligent-transportation-system>

29. KHALIL M. YOUSEF, JAMAL N. AL-KARAKI1 AND ALI M. SHATNAWI. Intelligent Traffic Light Flow Control System Using Wireless Sensors Networks. Department of Computer Engineering. Jordan University of Science and Technology. 2010 – 15 с.

30. Smart city [Электронный ресурс] Режим доступа:
<https://internetofthingsagenda.techtarget.com/definition/smart-city>

31. «Умный светофор» - комфорт и безопасность на дорогах [Электронный
ресурс] Режим доступа:
<https://zen.yandex.ru/media/id/5cf63a99babd4000b0928059/umnyi-svetofor-komfort-i-bezopasnost-na-dorogah-5db12e4caad43600b241ada3>