

Федеральное государственное автономное
образовательное учреждение
высшего образования
«СИБИРСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Инженерно-строительный
институт
Автомобильные дороги и городские сооружения
кафедра

УТВЕРЖДАЮ
Заведующий кафедрой
 B.V. Серватинский
подпись инициалы, фамилия
«17» октября 2018 г.

**ЗАДАНИЕ
НА МАГИСТЕРСКУЮ ДИССЕРТАЦИЮ**

Студенту Балабаевой Ольге Дмитриевне

фамилия, имя, отчество

Группа СФ18-11М Направление (специальность) 08.04.01 «Строительство»

номер

код и наименование

08.04.01.11 «Проектирование, строительство и эксплуатация транспортных сооружений в суровых природно-климатических условиях Сибири»

код и наименование

Тема магистерской диссертации «Формирование интеллектуальных транспортных систем в суровых природно-климатических условиях Сибири»

Утверждена приказом по университету № 16047/с от 17.10.2018 г.

Руководитель магистерской диссертации В.В. Серватинский, доцент кафедры
и_{нициалы, фамилия, должность, ученое звание и}

АДиГС, канд. техн. наук, ОСИИД

место работы

Исходные данные для магистерской диссертации: нормативно-правовые документы, учебники и справочники, диссертации, журнальные статьи и научные доклады, отчеты, материалы конференций и семинаров, справочные данные сети Internet, материалы научно-исследовательской практики.

Перечень разделов магистерской диссертации:

- Введение;
- Глава 1. Общие сведения об интеллектуальных транспортных системах;
- Глава 2. Особенности проектирования автомобильных дорог в суровых природно-климатических условиях Сибири и Крайнего Севера;
- Глава 3. Структура информационной системы;
- Глава 4. Рекомендации по интегрированию интеллектуальной транспортной системы дорожного мониторинга на объекте исследования;
- Заключение;
- Приложение А. Интеллектуальные транспортные системы на автомобильных дорогах в сложных природно-климатических условиях Сибири и Крайнего Севера;
- Приложение Б. Интеллектуальные транспортные системы, как способ сохранения надежности автомобильной дороги;
- Перечень графического материала презентации.

Руководитель ВКР


подпись

В.В. Серватинский
и_{нициалы, фамилия}

Задание принял к исполнению


подпись

О.Д. Балабаева
и_{нициалы, фамилия}

«17» октября 2018 г.

Аннотация. В данной работе предлагаются методы формирования интеллектуальных транспортных систем на автомобильных дорогах Сибири и Крайнего Севера, как способов сохранения эксплуатационно-технических характеристик автомобильных дорог в течение заданного срока службы. В качестве ведущей системы выбраны автоматизированные комплексы по контролю за метеорологическими и геотехническими показателями на автомобильных дорогах. Рассмотрены принципы работы автоматизированных дорожных метеорологических станций, геотехнического мониторинга и формирование информационной системы. В работе учитываются природно-климатические особенности территорий исследования при формировании локальных проектов и интегрировании автоматизированных комплексов.

Ключевые слова: сложные природно-климатические условия, интеллектуальные транспортные системы, кооперативное регулирование, автоматизированные системы, метеорологические станции, геотехнический мониторинг, беспроводные сети, сотовые станции, беспроводной модем, Интернет, банк данных и база данных, система управления базой данных, центр обработки данных.

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ.....	5
1 Общие сведения об интеллектуальных транспортных системах	5
1.1 Архитектура интеллектуальных транспортных систем	7
1.2 Функциональная и физическая архитектура интеллектуальных транспортных систем	8
1.3 Обзор и анализ работ в области интеллектуальных транспортных систем в сложных природно-климатических условиях	11
1.3.1 Системы дорожного метеорологического обеспечения	12
1.3.2 Дистанционно управляемые табло и знаки переменной информации.....	15
1.3.3 Системы весового и габаритного контроля.....	16
1.3.4 Фото и –видеофиксация нарушений правил дорожного движения.....	18
1.3.5 Лазерные комплексы фото- и видеофиксации на опасных участках автомобильных дорог	20
1.3.6 Видеонаблюдение	21
1.3.7 Геотехнический мониторинг.....	21
1.3.8 Информационное обеспечение	24
2 Особенности проектирования автомобильных дорог в суровых природно-климатических условиях Сибири и Крайнего Севера.....	26
2.1 Оборудование для решения поставленных задач	29
2.1.1 Конфигурация автоматизированных дорожных метеорологических станций и геотехнического мониторинга	31
2.2 Технические особенности автомобильных дорог в суровых природно-климатических условиях Сибири и Крайнего Севера.....	35
3 Структура информационной системы	37
3.1 Организационное обеспечение информационной системы.....	37
3.2 Формирование базы данных и системы управления базой данных	40
3.2.1 Формирование базы данных и системы управления базой данных на объекте исследования	42
4 Рекомендации по интегрированию интеллектуальной транспортной системы дорожного мониторинга на объекте исследования	45
ЗАКЛЮЧЕНИЕ	49

СПИСОК СОКРАЩЕНИЙ.....	50
СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ	52
ПРИЛОЖЕНИЕ А	57
ПРИЛОЖЕНИЕ Б.....	61

ВВЕДЕНИЕ

Стремительный рост городов и все более полное освоение необжитых и малоосвоенных территорий обуславливают рост численности населения и автомобильного парка, все актуальнее становится проблема транспортного регулирования, как в мегаполисах, так и в районах с суровыми природно-климатическими условиями.

Наряду с развитием техники и технологий и активным внедрением цифровизированной информации в жизнь общества во всех сферах, с целью повышения качества жизни в мегаполисах и не только, производятся определенные попытки интегрирования этой информации в дорожно-транспортной отрасли. Такие цифровые технологии носят название «интеллектуальные транспортные системы».

Разновидность применения интеллектуальных транспортных систем варьируется от средств транспортной телематики, таких программно-аппаратных комплексов, как системы спутникового мониторинга (GPS, GLONASS), до непосредственного внедрения средств интеллектуального обеспечения на самой автомобильной дороге, такие системы, как весовой габаритный контроль, дорожные метеорологические станции и так далее.

Развитая и качественно работающая сеть автомобильных дорог является основополагающим показателем экономических производственных возможностей страны, обеспечивающих мобильность населения и доступ к материальным (природным) ресурсам.

В проекте «Транспортной стратегии Российской Федерации до 2030 года» говорится, что «нормативным требованиям на 2018 год соответствует лишь 38 % покрытий автомобильных дорог федерального значения. Сохраняется низкий уровень развития дорожной сети в аграрных районах и районах Крайнего Севера» [1]. Одним из актуальных решений проблем транспортно-дорожного комплекса является активное интегрирование интеллектуальных транспортных систем, которые являются относительно новым направлением в науке, но уже активно применяющимся в высокоразвитых странах.

1 Общие сведения об интеллектуальных транспортных системах

Интеллектуальные транспортные системы – это огромная платформа информационных возможностей. Это системный комплекс, объединяющий в себе функции, сервисы, домены, подсистемы, потоки информации и данных, вовлеченные в единую систему.

Интеллектуальная транспортная система (ИТС) – это системная интеграция современных информационных и коммуникационных технологий, средств автоматизации с транспортной инфраструктурой, транспортными средствами и пользователями, ориентированная на повышение безопасности, эффективности транспортного процесса, комфортности для водителя и пользователей транспорта [2].

Современное общество и темп развития цифровой информации заставляет разрабатывать интеллектуальные способы регулирования транспортно-дорожного комплекса.

Основной задачей применения интеллектуальных транспортных систем является реализация и применение автоматизированных и автоматических систем взаимодействия на всех транспортных субъектах и объектах в формате режима реального времени.

Интеллектуальная транспортная система является совокупностью ИТ-технологий и организации транспортной инфраструктуры:

- моделирование транспортных систем;
- регулирование транспортных потоков (светофоры, дорожные знаки, информационные табло;
- управление движением на автомагистралях;
- электронные системы оплаты транспортных услуг;
- контроль погоды на автомобильных дорогах;
- центры сбора и обработки информации, а также принятия решения и управления дорожным движением;
- управление и координация при возникновении дорожно-транспортных происшествий;
- управление и координация при возникновении чрезвычайных ситуаций.

ИТС представляет собой сложный информационный комплекс подсистем, включающий в себя сбор, передачу, обработку и хранение информации о дорожной ситуации, в целях оперативного диспетчерского координирования дорожной ситуации [3]. Для реализации ИТС необходима качественная разработка проводного и беспроводного комплекса связи и повсеместное применение телематической транспортной системы (ТГС).

В мировой практике ИТС активно внедряется в транспортную инфраструктуру, решая социальные и экономические проблемы. Опыт показывает, что создаваемые программы, регулирующие транспортные потоки, дают положительные результаты. Алгоритмы системы, управляющие транспортными потоками, оценивают транспортную ситуацию, прогнозируют транспортную нагрузку и возможность появления дорожно-транспортного происшествия, в зависимости от ситуации на дороге, регулируют информационные и навигационные табло. Основная часть процессов, требования к оборудованию, наличия интерфейса, протокола обмена данными и других функций ИТС регламентировано на международном и национальном уровне.

В настоящий момент в России ИТС, в качестве комплексного подхода, регламентируется общими стандартами, которые несут скорее информативный характер.

Но в то же время происходит активное формирование отдельных комплексов по управлению транспортно-дорожным комплексом, которые входят в состав ИТС. Совершаются попытки интегрирования современных информационных технологий для безопасного взаимодействия участников

дорожного движения. Диапазон применения современных технологий в транспортно-дорожной отрасли рассредоточивается от средств транспортной телематики до непосредственного интегрирования автоматизированных систем на автомобильных дорогах.

Практика ведущих западных стран показывает, что реализация ИТС требует взаимодействия многих министерств и ведомств. Необходима разработка национальных стандартов Российской Федерации в области информации, коммуникации и систем управления наземными транспортными средствами, аварийные службы, коммерческий и общественный транспорт в городах и сельской местности в области сектора ИТС.

1.1 Архитектура интеллектуальных транспортных систем

Архитектура ИТС – это системный комплекс объединяющий в себе функции, сервисы и подсистемы, потоки информации и данных, интегрированные в единую систему. Архитектура ИТС включает в себя взаимодействие требований заказчика о комплексном представлении функциональной, физической и технической составляющей, транспортной политики, согласованных действий оперативных служб органов исполнительной власти, а также взаимосвязи транспортной телематики с зональными параметрами внешней среды [4].

Архитектура ИТС представляет собой доменные сервисы, которые образуются в одну или несколько взаимосвязанных между собой групп. Доменная архитектура имеет свойства активного развития, формируя из «фундаментальных сервисов» огромную постоянно развивающуюся сеть сервисных доменов и групп. В иерархии архитектуры ИТС на основании ее функциональных понятий и заданного базиса, строится и развивается конечный «случай применения» пользователем.

Стандарты, разрабатываемые в настоящий момент в области ИТС, могут быть отнесены к одной или нескольким сервисным группам, определенные существующим стандартом ГОСТ Р ИСО 14813-1-2011 «Интеллектуальные транспортные системы. Схема построения архитектуры интеллектуальных транспортных систем. Часть 1. Сервисные домены в области интеллектуальных транспортных систем, сервисные группы и сервисы» [4]. В то же время область применения может быть расширена, рассматривая перспективные варианты их приложений.

Сервисные домены ИТС предусматривают категоризацию деятельности, которая необходима для разделения всей совокупности интеллектуальной системы на конкретные секторы с привязкой к отдельной архитектуре.

Одиннадцать основных сервисных доменов ИТС:

- информирование участников движения - обеспечение пользователей ИТС как статической, так и динамической информацией о состоянии транспортной сети, включая модальные перемещения и перемещения посредством трансферов;

- управление дорожным движением и действия по отношению к его участникам - управление движением транспортных средств, пассажиров и пешеходов, находящихся в транспортной сети;

- конструкция транспортных средств - повышение безопасности, надежности и эффективности функционирования транспортных средств посредством предупреждения пользователей или управления системами или агрегатами транспортных средств;

- грузовые перевозки - управление коммерческими перевозками - перемещением грузов и соответствующим транспортным парком, ускорение разрешительных процедур для грузов на национальных и юридических границах, ускорение кроссмодальных перемещений грузов с полученными разрешениями;

- общественный транспорт - функционирование служб общественного транспорта и предоставление информации перевозчикам и пользователям, учитывая аспекты мультимодальных перевозок;

- службы оперативного реагирования - обслуживание инцидентов, определяемых как чрезвычайные обстоятельства (авария);

- электронные платежи на транспорте - трансакции и резервирование в транспортном секторе;

- персональная безопасность, связанная с дорожным движением, - защита пользователей транспортного комплекса, включая пешеходов и участников движения с повышенной уязвимостью;

- мониторинг погодных условий и состояния окружающей среды - деятельность, направленная на мониторинг погоды и уведомление о ее состоянии, а также о состоянии окружающей среды;

- управление и координация при чрезвычайных ситуациях - деятельность, связанная с транспортом, осуществляемая в рамках реагирования на природные катаклизмы, общественные беспорядки или террористические акты;

- национальная безопасность - деятельность, которая непосредственно защищает или смягчает последствия причинения вреда или ущерба физическим лицам и предприятиям, вызванные природными катаклизмами, общественными беспорядками или террористическими актами.

Сервисы часто взаимозависимы, так как одни сервисы могут быть поставщиками услуг (провайдерами) для других сервисов, или быть ключевыми участниками. Конкретная архитектура должна наилучшим образом соответствовать условиям конечного ее применения и должна быть независимой от сервисов, которые она поддерживает.

1.2 Функциональная и физическая архитектура интеллектуальных транспортных систем

Функциональная и физическая архитектура создаются в рамках идеалистической модели локального проекта интеллектуальных транспортных

систем. Эти две архитектуры необходимы для создания конкретного (частного) локального проекта [5].

Использование этих двух типов архитектур, позволяет значительно конкретизировать и сузить обширную группу доменных сервисов и групп, и направить работу на конечного пользователя.

Основная составляющая функциональной архитектуры – информационная архитектура, которая в качестве локального проекта должна включать в себя:

- режимы управления;
- сценарий управления;
- цели управления;
- основные функции;
- основные задачи;
- дополнительные задачи.

Каждый из режимов управления локальным проектом ИТС должен включать в себя один или несколько сценариев, которые отражают один или несколько целей управления:

- обеспечение безопасности дорожного движения;
- обеспечение номинальной пропускной способности;
- оптимизацию транспортного процесса;
- поддержание заданного уровня содержания дорожного полотна и элементов дорожной инфраструктуры;
- предоставление различных сервисных услуг пользователям транспортной системы;
- формирование заданного поведения участников дорожного движения и культуры вождения.

Составляющей физической архитектуры является программное обеспечение, информационные и телекоммуникационные технологии, периферийное оборудование.

Физическая архитектура локального проекта ИТС включает в себя уровни:

- интеграционной платформы;
- комплексных подсистем;
- инструментальных подсистем;
- элементов подсистем;
- оборудования.

Физическая архитектура определяет основные требования к функционированию, взаимодействию и размещению элементной базы интеллектуальной транспортной системы.

Комплекс групп подсистем функциональной и физической архитектуры включает региональный уровень контроля: диспетчерское управление всеми категориями транспорта, управление транспортными потоками, информационный сервис, организации дорожного хозяйства, контролирующие транспортную ситуацию и состояние дороги.

Основные подсистемы функциональной и физической архитектуры:

- Интеграционная платформа – координация работы всех комплексных подсистем, предоставление предварительно обработанных данных и принятие решений из существующего набора сценариев по управлению транспортной системой, обеспечение взаимодействия с внешними информационными системами;
- Локальный проект – автоматизированная система управления дорожным движением и маршрутизованным транспортом, соблюдение правил дорожного движения, управление состоянием дороги и подсистема пользовательских сервисов;
- Инструментальная – совокупность технических средств телематики, оказывающих управляющее воздействие на участников дорожного движения и объекты транспортной и дорожной инфраструктуры, а также сбор, передачу, обработку и хранение информации объектов мониторинга и управления;
- Кооперативное управление – выявление в режиме реального времени при дорожном движении потенциальных рисков;
- Директивное управление транспортными потоками – план координации светофорного регулирования, регулирование транспортных потоков светофорами и знаками переменной информации;
- Косвенное управление транспортными потоками – обеспечение информационного сервиса, мониторинг состояния объектов притяжения транспортного потока,mono- и мультиобъектное маршрутное ориентирование;
- Автоматизированная система управления дорожным движением (АСУДД) маршрутизированного транспорта – оптимизация маршрутов движения с учетом погодно-метеорологических условий, сезона и нештатных ситуаций на транспорте; обеспечение транспортной безопасности, безопасности пассажиров наземного пассажирского транспорта и безопасности и сохранности грузов; гармонизации пассажиропотоков посредством оптимизации расписания общественного городского транспорта;
- Контроль соблюдения транспортом ПДД и контроль транспорта – сбор данных, доказывающих факт нарушения ПДД, передача данных правоохранительным органам;
- Управление состоянием дорог - оперативное реагирование служб содержания дорог на ухудшение эксплуатационных параметров дорожного полотна; автоматизированный сбор оплаты услуг на платных участках улично-дорожной сети;
- Пользовательские сервисы – предоставление сервисных услуг пользователям транспортной системы на бесплатной и платной основе.

Все перечисленные подсистемы являются основой интеллектуальных транспортных систем, направленные на частный локальный проект.

В данной работе основополагающей подсистемой является кооперативное регулирование автомобильных дорог. Оно позволяет в режиме реального времени выявлять потенциальные риски и находить способы их предотвращения. Но без участия других подсистем, кооперативное

регулирование не будет функционировать, так как все они взаимозависимы и являются провайдерами различных услуг друг для друга.

1.3 Обзор и анализ работ в области интеллектуальных транспортных систем в сложных природно-климатических условиях

С учетом природно-климатических особенностей, формирование ИТС в условиях Сибири и Крайнего Севера имеет узкую направленность. В приоритете выделяется учет метеорологических условий и сохранение эксплуатационно-технических свойств автомобильной дороги в течение расчетного срока службы.

Из функциональной и физической архитектур, ведущими выделяются подсистемы инструментального и кооперативного регулирования, а также, управления состоянием дорог. То есть, это контролирование и управление дорожным движением в процессе реального времени, которое позволяет выявлять и предупреждать возможные потенциальные риски.

В мировой практике с целью улучшения дорожно-транспортного процесса популярность применения имеют следующие программные продукты:

- автоматизированные системы дорожного метеорологического обесечения;
- автоматизированный геотехнический мониторинг;
- фото- и видеофиксация нарушений правил дорожного движения;
- лазерные комплексы фото- и видеофиксации нарушений правил дорожного движения на опасных участках;
- видеонаблюдение;
- автоматизированные системы весового и габаритного контроля;
- путевое информирование участников дорожного движения посредством установки периферийного оборудования;
- широковещательно информирование участников дорожного движения посредством средств транспортной телематики;
- мониторинг ремонтных и специальных транспортных средств.

Каждая из перечисленных подсистем имеет узкую направленность работы в рамках ИТС, но тем не менее все они могут быть взаимоувязаны, так как цель их применения – обеспечение безопасного и бесперебойного транспортного движения и сохранение транспортно-эксплуатационных свойств автомобильных дорог в течение заданного срока службы.

Освоение территорий Сибири и Крайнего Севера несет в себе огромное стратегическое значение для России, так как данные территории таят в себе уникальные месторождения полезных ископаемых. Огромные производительные силы направлены на освоение этих территорий, но своеобразие природных комплексов, малоизученность многолетнемерзлых пород и подземных льдов во многом усложняет и затрудняет строительство автомобильных дорог. Практически нет ни одной действующей автомобильной дороги, которая бы, при сложных природно-климатических условиях,

продолжала в процессе эксплуатации сохранять свои нормативные показатели. Со временем эти автомобильные дороги деформируются и разрушаются с незатухающим характером. Постройка автомобильной дороги вносит большие изменения в температурные гидрогеологические условия многолетнемерзлых грунтов, и влияние этих изменений необходимо постоянно контролировать в течении всего периода эксплуатации, выполняя соответствующие мероприятия по содержанию и текущему ремонту [6].

Интегрирование такого нового направления в информационной науке, как ИТС, на автомобильных дорогах в условиях многолетнемерзлых грунтов, окажется большим подспорьем в повышении эффективности дорожно-транспортного процесса.

Получение оперативной информации о погодных условиях и состоянии дорожного покрытия на сети автомобильных дорог в режиме реального времени позволяет дорожно-эксплуатационным службам прогнозировать возможность возникновения опасных метеорологических условий и моделировать деформационные изменения в грунтах основания насыпи автомобильной дороги.

Программные продукты, которые имеют наиболее популярное применение на автомобильных дорогах в сложных природно-климатических условиях, представляют собой разное функциональное направление. Выбор того или иного комплекса зависит от географических и природно-климатических особенностей объекта исследования. Далее представлен обзор основных таких программных комплексов.

1.3.1 Системы дорожного метеорологического обеспечения

Для получения оперативной информации о метеорологических изменениях, на автомобильных дорогах внедряются автоматизированные дорожные метеорологические станции (АДМС). Такие станции имеют диспетчерское регулирование и координирование с выводом необходимой информации, для безопасного движения транспортных средств и участников дорожного движения, на табло и знаки переменной информации (ТПИ и ЗПИ).

Основная цель создания систем дорожного метеорологического обеспечения (СДМО) – получение оперативной информации о погодных условиях и состоянии дорожного покрытия на сети автомобильных дорог в режиме реального времени. Наличие этой информации позволит дорожно-эксплуатационной службе прогнозировать возможность возникновения опасных метеорологических условий на автомобильных дорогах и принимать решения по проведению необходимых работ по их содержанию.

Данные зафиксированные системами дорожного метеорологического обеспечения (СДМО) передаются, обрабатываются и хранятся в сервисной базе данных. Накопленная информация позволяет анализировать и делать необходимые выводы по эксплуатации автомобильной дороги.

Применение СДМО на автомобильных дорогах обеспечивает:

- получение оперативной информации и социализированных прогнозов от автоматизированных дорожных метеостанций (АДМС);
- обработка информации и получение данных о состоянии дорожного покрытия в данный момент времени и возможности появления опасных метеорологических явлений;
- передача полученной информации дорожным службам и участникам движения;
- создание баз данных для накопления и хранения информации с АДМС о погодных условиях и состоянии дорожного покрытия, и информации о полученных специализированных прогнозах.

Размещение комплексов АДМС выполняют из условий климатического районирования или на основе термокарттирования автомобильных дорог [7].

Метеостанций передают следующие метеорологические параметры:

- фиксированное время обновления информации;
- направление и скорость ветра;
- атмосферное давление;
- тип и количество осадков;
- интенсивность дождя/снега;
- температуру воздуха;
- относительная влажность воздуха;
- видимость.

Параметры состояния поверхности дороги:

- температура поверхности дороги и грунта на глубине 8 см и 40 см;
- состояние поверхности дороги (сухо, влажно, мокро, влажная с хим. веществами, мокрая с хим. веществами, лед, иней, снег);
- толщина водной пленки на поверхности дорожного покрытия;
- температура замерзания для различных противогололедных реагентов (-20....0°C);
- химические вещества (противогололедные материалы), их концентрация;
- черный лед;
- толщина снега и льда;
- коэффициент сцепления дорожного покрытия с колесом;
- расстояние видимости.

Предупреждения в значении ДА/НЕТ:

- тревога по льду;
- предупреждение по льду;
- предупреждение по инею;
- предупреждение по дождю.

АДМС представляют собой метеомачту (опора), аппаратурный шкаф, интерфейсную карту, комплекс датчиков, реагирующих на метеорологические изменения, камеры видеонаблюдения, необходимой для визуальной оценки автомобильной дороги, и систему программного обеспечения с соответствующим интерфейсом, что в совокупности составляет единую

информационную систему, позволяющую контролировать возможные изменения на эксплуатируемой автомобильной дороге.

В зависимости от периода действия прогноза частота их составления различна. Сверхкраткосрочные прогнозы составляются наиболее часто, где данные обновляются каждые 15 минут. Краткосрочные прогнозы разрабатываются в метеорологических бюро и других прогностических подразделениях один раз в сутки двумя 12-часовыми интервалами (ночь-день) или несколько раз, если период действия прогноза определяется интервалом 3-12 часов.

Метеостанции прогнозируют образование зимней скользкости на поверхности автомобильной дороги и дают рекомендации дорожным службам к выбору технологии работ по профилактике и борьбе с зимней скользкостью путем применения вида и состава противогололедных материалов с учётом параметров окружающего воздуха и покрытия автомобильной дороги.

АДМС активно внедряются во всем мире, в том числе и в России. В странах Европы и Северной Америки для управления транспортной инфраструктурой системы метеопрогнозирования применяют уже более 20 лет. Так в Германии еще в начале 90-х годов прошлого века было начато централизованное внедрение информационной системы оповещения о состоянии дорог и прогнозируемых погодных условиях, основанной на прогнозах национальной метеорологической службы и на показаниях дорожных датчиков. Аналогичные или подобные метеосистемы применяются сейчас в США, Канаде, Финляндии, Австрии, некоторых других странах Европы.

Зарубежные системы метеообеспечения автомобильных дорог достаточно развиты, а разработка и производство аналогичных отечественных систем, имеющих существенно меньшую стоимость, в значительной мере до настоящего времени сдерживаются отсутствием спроса. Так, за последние десять лет в России установлено всего около 90 метеопостов, в то время как в Швеции за этот период создана система, состоящая из 700 метеостанций, в Финляндии установлено около 1000 метеостанций, а в США — свыше 1500 [8].

Наиболее богатый опыт специализированного дорожного метеорологического обеспечения дорожных организаций имеет Финляндия, где дорожные метеорологические центры созданы в каждом округе. Накоплены достаточно богатые статистически обработанные фактические данные, используемые при составлении не только кратковременных, но и долгосрочных (на месяц, сезон), и сверхдолгосрочных прогнозов (на год). Стандарты, разработанные Государственной Дорожной Администрацией (FinnRA), являются эталонными и определяют уровень сервиса, предоставляемого пользователям дорог [9].

Основное количество дорожных метеорологических станций на автомобильных дорогах России производства Швейцарии «Boschung» и Финляндии «Vaisala», адаптированные для российского потребителя. Программное обеспечение может быть российских производителей, например,

ИРАМ АИС МетеоТрасса (Институт Радарной Метеорологии автоматизированные информационно-измерительные системы МетеоТрасса) [10].

1.3.2 Дистанционно управляемые табло и знаки переменной информации

Табло и знаки переменной информации входят в состав АСУДД и направлены на оптимизацию управления дорожным движением, являются самостоятельными устройствами информирования водителей транспортных средств [11].

Табло переменной информации – это устройство, предназначенное для отображения одного или нескольких сообщений в буквенно-цифровом и/или графическом виде, которое может быть при необходимости изменено, включено или выключено.

Знак переменной информации – это техническое средство организации дорожного движения, предназначенное для отображения дорожных знаков за исключением знаков индивидуального проектирования.

ТПИ и ЗПИ являются автоматизированной системой косвенного управления транспортными потоками и соответствуют следующим целям:

- автоматизация процессов деятельности по организации дорожного движения;
- повышение пропускной способности дорожной сети;
- минимизация среднего времени нахождения транспортных средств в пути;
- повышение доверия участников дорожного движения к предоставляемой информации;
- повышение безопасности дорожного движения.

Стандартная комплектация управляемых табло включает:

- панель динамического информационного табло – состоит из модулей со светодиодными элементами, установленными в печатную плату;
- активная область динамического информационного табло -представляет собой видимую область, содержащую светодиодные элементы, которые могут быть активированы для отображения сообщений;
- графический модуль - предназначен для отображения графической информации;
- текстового модуль - предназначен для отображения текстовой информации;
- подложка - представляет собой внешнюю панель для улучшения видимости ТПИ и обеспечения его контраста с окружающим фоном;
- каркас - представляет собой сварную конструкцию, предназначенную для крепления технологических частей ДУТ в единую конструкцию, а также для крепления всего ДУТ к несущей опоре в месте её расположения.

ТПИ и ЗПИ чаще всего представляют собой 3 типовых конструктивных схемы установки на автомобильных дорогах: Т-образная опора над тротуарами, Г-образная опора над проезжей частью и П-образная опора над проезжей частью. Выбор той или иной конструкции зависит от статуса, габаритов и интенсивности автомобильной дороги.

На табло и знак переменной информации выводятся сообщения рекомендательного и предупреждающего характера. Вид сообщений определён параметрами окружающего воздуха и состоянием покрытия автомобильной дороги. ТПИ и ЗПИ обладают полной автономностью и отсутствием необходимости контроля информации.

Программный модуль ТПИ работает в двух режимах:

- первый режим - автоматический по обновлению данных получаемых от СДМО;
- второй режим – ручной, то есть с места оператора.

ТПИ и ЗПИ устанавливаются с целью предупреждения участников дорожного движения об опасностях, обусловленных текущим состоянием автомобильных дорог в настоящий момент времени, заставляя индивидуально или коллективно реагировать на сообщаемую информацию (дорожно-транспортное происшествие, метеорологические условия, дорожные работы по ремонту и содержанию и другие условия, влияющие на безопасность и бесперебойность транспортного движения).

1.3.3 Системы весового и габаритного контроля

Дорожная система весового и габаритного контроля (СВГК) предназначена для выявления нарушений действующего законодательства в сфере перевозок крупногабаритных и/или тяжеловесных грузов на автомобильном транспорте.

Основная цель использования систем весового и габаритного контроля – сохранение и улучшение дорожного покрытия и повышение транспортной безопасности.

Различают стационарные и передвижные (мобильные) системы весового и габаритного контроля.

Передвижные посты весового контроля (ППВК) представляют собой инженерный комплекс, включающий в себя транспортное средство (ТС) (автомобиль-фургон) с весовым оборудованием с подкладными подколесными и поосными весами, которые взвешивают в статике, камеры определения номеров фото- и видеофиксации, портативный компьютер со специализированным программным обеспечением [12]. Передвижные посты весового контроля устанавливаются на различных организованных аттестованных площадках в плоскости автомобильной дороги.

Процесс взвешивания автомобилей на передвижных постах включает в себя [13]:

- определение осевых нагрузок транспортного средства;

- определение габаритов транспортного средства;
- определение общей массы транспортного средства путем автоматического суммирования осевых нагрузок;
- формирование и печать отчетов и квитанций с результатами взвешиваний;
- автоматический расчет ущерба, причиненный тяжеловесными транспортными средствами автомобильным дорогам с учетом перегруза;
- ведение локальной базы данных по произведенным взвешиваниям и единый центр управления (центр обработки данных (ЦОД)).

Центр обработки данных представляет собой систему аппаратно-программного обеспечения, средств сбора, передачи, обработки и хранения информации, получаемых с предварительных постов контроля, для пресечения нарушения весовых и габаритных параметров транспортных средств при перевозке тяжеловесных, крупногабаритных и опасных грузов. Центр обработки данных автоматически проверяет наличие действующих разрешительных документов, соответствующих фактическим параметрам транспортного средства и указанных в документах, в соответствии с этим выявляются нарушения.

Передвижные поста весового контроля должны совмещаться со стационарными постами государственной инспекции безопасного дорожного движения.

Стационарная автоматизированная система весового и габаритного контроля (АСВГК) взвешивает транспортные средства во время движения по автомобильной дороге и непосредственного прохождения под «рамкой» весового и габаритного контроля [14]. Датчики измерения веса и габаритных параметров устанавливают на П-образную металлическую платформу («рамку») высотой не менее 6 метров, оснащенную дорожными весами и комплексами фото- и видеофиксации, которые выявляют и констатируют нарушителей. Взвешивание транспортных средств происходит как в динамике, так и в статике. В динамике взвешивание транспортного средства происходит на скорости до 60 км/ч, если датчики показывают перевес, то автомобиль выделяют из общего потока и взвешивают в неподвижном состоянии – статика. В статическом состоянии взвешивание транспортного средства обладает более высокой точностью.

Автоматизированная система весового и габаритного контроля устанавливается на линейных участках автомобильной дороги и представляет собой комплекс измерительных и технических средств:

- определение осевых нагрузок транспортного средства;
- определение общей массы транспортного средства путем автоматического суммирования осевых нагрузок на скорости до 140 км/ч;
- измерение наличия двускатных, односкатных колес на осях;
- измерение количества осей и межосевых расстояний;
- автоматическое измерение габаритов транспортного средства;
- измерение скорости движения транспортного средства;

- тип транспортного средства;
- автоматическая фото- и видеофиксация транспортных средств, движущихся в зоне весового и габаритного контроля;
- автоматическая фото- и видеофиксация государственных регистрационных знаков транспортного средства;
- автоматический контроль наличия и соответствия параметров транспортного средства необходимым разрешительным документам;
- автоматический расчет ущерба, причиненный тяжеловесными транспортными средствами автомобильным дорогам с учетом перегруза;
- формирование размера штрафа в соответствии с расчетом ущерба, причиненного транспортным средством автомобильной дороге.

Весовое оборудование, для динамического взвешивания, встраивается в полотно автомобильной дороги на полосах движения транспортных средств. Система оснащена специальной аппаратурой, позволяющей определить габаритные параметры, номерные знаки и зафиксировать изображение транспортного средства в движении на скорости от 70 км/ч до 140 км/ч. При этом автоматизированная система весового и габаритного контроля не ограничивает проезд всех остальных транспортных средств, двигающихся в общем потоке.

1.3.4 Фото и –видеофиксация нарушений правил дорожного движения

Использование таких технических средств, как фото- и видеофиксация (ФВФ) для контроля дорожного движения – необходимое условие повышения безопасности на автомобильных дорогах. Фото- и видеофиксация предназначена для быстрого нахождения и предъявления нарушений с последующим административным наказанием нарушителей правил дорожного движения.

Основным условием установки комплексов фото- и видеофиксации является высокая аварийности на определенных участках автомобильной дороги, так называемые очаги аварийности. Информацию о местах установки комплексов предоставляет государственная инспекция безопасности дорожного движения.

Стационарные камеры фото- и видеофиксации устанавливаются только при условии освещенности трассы, так как в России оборудование камер вспышками запрещено, из соображений безопасности, а инфракрасная подсветка высвечивает только государственный регистрационный знак. Также радарные камеры не устанавливают на изгибах дорог и в местах с сильными перепадами высот.

В состав основных функций комплексов фото- и видеофиксации нарушений правил дорожного движения входит [15]:

- автоматическая фиксация нарушений правил дорожного движения, в том числе с целью ликвидации мест концентрации дорожно-транспортных происшествий (ДТП);
- формирование состава правовой доказательной базы о зафиксированных правонарушениях;
- контроль и фото- видеофиксация всех проходящих транспортных средств в зоне действия рубежа;
- обеспечение информацией об интенсивности дорожного движения в районе обслуживаемых дорог.

Приборы фото- и видеофиксации фиксируют следующие нарушения правил дорожного движения:

- превышение допустимой скорости;
- непредоставление преимущества пешеходам;
- проезд по полосе, предназначенной для движения маршрутных транспортных средств;
- выезд на встречную полосу;
- проезд на запрещающий сигнал светофора (в том числе на ж/д переездах);
- непристегнутый ремень безопасности;
- выезд за стоп-линию;
- нарушение правил остановки и стоянки;
- движение по обочине;
- движение по трамвайным путям (если это запрещено);
- проезд грузового транспорта в зоны, где его движение ограничено или запрещено;
- выезд на полосу реверсивного движения при запрещающем сигнале специального светофора;
- выезд на перекресток в случае образования затора за ним;
- нарушение правил разметки (в том числе поворот из не предназначенного для этого ряда);
- нарушение требований запрещающих и предписывающих знаков;
- нарушений правил парковки (в том числе контроль платной парковки);
- разговор по мобильному телефону без устройства hands-free (англ. «свободные руки»);
- нарушение правил использования световых приборов.

Так же большинство стационарных камер фото- и видеофиксации могут проверять транспортные средства по базам розыска.

По принципу действия камеры подразделяются на три вида: радарные, видеофиксации и лазерные, а по методу установки – на стационарные и передвижные (мобильные).

Радарные комплексы работают в два этапа: измерение скорости и фиксация нарушения. В первую очередь радар «исследует» проезжую часть доплеровским «лучом» (Доплеровский измеритель скорости – радиолокационное устройство), который замеряет скорость на расстоянии

примерно до км у машин,двигающихся во встречном и попутном направлениях. Радиус покрытия составляет максимум две полосы в одну и две полосы в обратную сторону дороги либо четыре полосы в одну сторону. После измерения скорости,встроенная камера фотографирует государственный регистрационный знак транспортного средства и при помощи специальной программы распознает его. Камеры оснащены инфракрасными прожекторами,предназначенными для подсветки государственных регистрационных знаков транспортных средств в условиях плохой видимости и в ночное время [16].

1.3.5 Лазерные комплексы фото- и видеофиксации на опасных участках автомобильных дорог

Радарные камеры фото- и видеофиксации не устанавливают на крутых изгибах дорог и поворотах, они действуют только на линейных участках дорог. Контроль отдельных участков автомобильной дороги с контролем средней скорости необходим там, где длительное превышение скорости предоставляет опасность.

Лазерный комплекс работает на основе лазерного локатора, основанного на излучении веерообразных сканирующих лучей (более 15 кГц в секунду) и предназначенного для автоматизированного соблюдения контроля скоростного режима, сигналов светофора, направления движения всех автомобилей и регистрации нарушений одновременно на нескольких полосах автомобильного движения. Также комплекс различает легковые и грузовые автомобили [17].

На опасных участках дорог применяется лазерная система, которая регистрирует транспортные средства, путем считывания государственных регистрационных знаков, при въезде на участок дороги и выезде с него и определяет фактическую среднюю скорость. Помимо этого, система может фиксировать нарушения проезда транспортного средства на запрещающий сигнал светофора и двигающихся по встречной полосе автомобильного движения. Непрерывный контроль дорожного движения методом двухточечного измерения заставляет водителя транспортного средства поддерживать равномерную скорость движения, что в свою очередь значительно повышает безопасность прохождения ответственных участков автомобильной дороги. Лазерный комплекс может быть передвижным и стационарным.

Передвижной комплекс крепится на штатив-треногу, обладает полностью автоматизированной системой, не требующей ручной калибровки, питание происходит от блока литиевых батарей. Комплекс представляет собой лазерный локатор, камеру высокого разрешения и приемник беспроводной связи (GPS/GLONASS) с надежным соединением VPN в специальном защищенном формате.

1.3.6 Видеонаблюдение

Камеры видеонаблюдения на автомобильных дорогах позволяет отслеживать текущую транспортную ситуацию. Установка камер видеонаблюдения преследует две цели: соблюдение безопасности дорожного движения и подсчет интенсивности транспортного потока. Помимо этого, камеры видеонаблюдения устанавливаются в комплектации с системами СВГК и АДМС, где для первого случая обеспечивается обзор с охранной целью, а для второго, дают косвенную информацию о состоянии дорожного полотна, метеорологическую сводку и ситуацию на автомобильной дороге в данный момент времени. Основной целью использования является визуальная оценка состояния и содержания дорог в зимний период года.

Установка детекторов транспортного потока на камеры видеонаблюдения позволяет осуществлять [13]:

- обнаружение и контроль движущихся транспортных средств;
- сбор данных о дорожном движении (интенсивность, скорость, классификация транспортных средств), контроль транспортного потока, обнаружение заторов.

Собранные данные видеодетектором передаются по сети в центр управления, где данные обрабатываются. Вывод данных может осуществляться посредством моментальных снимков в формате JPEG, либо просмотром и записи потокового видео на персональном компьютере (ПК).

Данные об интенсивности позволяют сделать выводы о транспортной нагрузке на дорожное покрытие, об общем количестве транспортных средств и составе транспортного потока, об участках с недостаточной пропускной способностью, и оценить степень соответствия поперечного профиля автомобильной дороги и отдельных ее элементов требованиям дорожного движения. Основная задача подсчета интенсивности транспортного потока – мониторинг технического состояния автомобильных дорог.

1.3.7 Геотехнический мониторинг

Геотехнический мониторинг – процесс визуально-инструментального наблюдения и контроля за состоянием и изменением грунтовых, природных и техногенных условий в процессе строительства и эксплуатации объекта [18].

Геотехнический мониторинг автомобильных дорог осуществляется с момента строительства и первого года ввода дороги в эксплуатацию, в дальнейшем мониторинг осуществляется с периодичностью согласно положениям программы геотехнического мониторинга [19].

В настоящий момент в России геотехнический мониторинг на автомобильных дорогах подразделяется на два метода: визуальные и инструментальные наблюдения. Инструментальные наблюдения подразделяются на:

- геодезические – определение планово-высотного положения и величины развития деформаций;
- гидрогеологические – определение уровня грунтовых вод, вычисление порового давления и его влияния на возникновение опасных природных процессов, на техническое состояние автомобильной дороги и сооружений инженерной защиты;
- гидрологические – определение метеорологических условий для прогнозирования оползневых, селевых процессов и подтопления участков автомобильной дороги;
- геофизические – определение технического состояния автомобильной дороги и сооружений инженерной защиты;
- тензометрические – контролирование напряженного состояния несущих конструкций сооружений инженерной защиты;
- виброметрические – исследование вибраций природного и техногенного происхождения.

Визуальное обследование позволяет оценить деформационные изменения по внешним признакам и необходимо для выявления наиболее слабых и поврежденных участков, где потребуется проведение инструментальных работ.

Что касается автоматизированного мониторинга, то он активно применяется во всем мире, для контроля деформационных изменений зданий и сооружений, насыпей и откосов, скальных массивов, тоннелей, эстакад, мостов и путепроводов, автомобильных и железных дорог и так далее. Многие страны используют программы и оборудование собственного производства, Россия в том числе.

В целом, комплектация оборудования для мониторинга мало чем отличается и имеет типовой набор датчиков, отличительные особенности задает конкретный объект исследования, имеющий свои частные условия применения геотехнического мониторинга.

Типовой набор измерительных систем:

- инклинометры;
- измерители осадки;
- датчики нагрузки и давления;
- экстензометры и трещинометры;
- маятники и считающие устройства;
- датчики напряжения и термометры;
- датчики гидрогеологических показателей;
- сейсмодатчики.

В мировой практике в высокоразвитых странах, таких как Великобритания, Соединенные Штаты Америки и странах Европы, производители оборудования по автоматизированному геотехническому мониторингу предлагают свою разработку к применению на автомобильных дорогах, во многих городах и штатах департаменты дорожного хозяйства разрабатывают свои программы по мониторингу опасных участков дорог и срок работы программ исчисляется десятилетиями.

В России оборудование автоматизированного геотехнического мониторинга устанавливается по запросу на опасных участках в сложных грунтовых условиях, где необходим постоянный контроль (железнодорожные пути), в сейсмичных районах и на сооружения с деформацией несущих конструкций из-за деформационных изменений грунта. Необходимость установки автоматизированного оборудования назначается на основании экспертного и визуально-инструментального обследования.

На данный момент в России нет ярких примеров успешного применения автоматизированного геотехнического мониторинга конкретно на автомобильных дорогах, но существует несколько нормативных документов, носящих рекомендательный характер по организации такого мониторинга в составе ИТС. Нельзя сказать, что проблема стоит на месте, необходима проработка нормативной и методической базы, национальных стандартов и инвестирование в потенциально успешные проекты. В целом, на основании рекомендаций отраслевых дорожных методических документах (ОДМ) [20] и проектам предварительных национальных стандартов (ПНСТ) [21], разрабатывают автоматизированные комплексы геотехнического мониторинга на базе технической комплектации систем автоматизированного мониторинга железных дорог, который успешно применяется в высокоразвитых странах, в том числе и в России.

Система автоматизированного геотехнического мониторинга представляет собой непрерывные измерения и расчет ряда контролируемых параметров с момента возведения дорожной конструкции и в течении срока ее эксплуатации. Это позволяет в любой момент времени получить информацию о состоянии автомобильной дороги. Автоматизированные системы геотехнического мониторинга являются информационно-измерительной системой датчиков, встраиваемых в дорожное полотно, данные с которых передаются и обрабатываются на центральном сервере, и необходимая запрограммированная информация выдается оператору, где далее происходит информирование пользователей транспортной системы.

Измерительные системы, в составе автоматизированного геотехнического мониторинга, позволяют фиксировать следующие грунтовые изменения:

- гидрологических условий, включая поверхностный сток, уровень грунтовых вод, техногенные водоемы и заболачивание при нарушении естественного режима грунтов (тензодатчики, гидрометрические скважины);
- неравномерные деформации в грунтах оснований, в деятельном слое (инклинометры, датчики напряжений (мессодозы, тензодатчики), измерители осадки, экстенсометры для измерения горизонтальных и вертикальных смещений);
- температурного режима грунтов оснований, приводящих к образованию линз льда и формированию многолетней мерзлоты в техногенных грунтах (тепловизоры, термокосы, электрические термометры);

- влияние на объект исследования вибрационного движения природного и техногенного характера (сейсмодатчики, датчики контроля отклонения и движения).

С целью получения качественных результатов измерений геотехнического оборудования, необходимо оборудовать его метеорологическим обеспечением. Комплексная работа двух автоматизированных систем позволяет получать высокоточные информационные данные, которые способствуют улучшению транспортно-эксплуатационных характеристик автомобильных дорог.

1.3.8 Информационное обеспечение

Информационное обеспечение в рамках ИТС являются главным и объединяющим все сервисы доменом. Информационное обеспечение в системе отвечает за сбор, передачу, обработку и хранение информации со всех объектов сервиса, а также за информирование участников дорожного движения посредством периферийного оборудования, средств транспортной телематики и информационных пользовательских порталов. Информационно обеспечение создается на государственном, республиканском, отраслевом и региональном уровнях с целью формирования и выдачи необходимой достоверной информации для принятия управленческих решений.

Для успешного функционирования всех сервисных доменов, входящих в структуру конкретной системы, информационная база должна выполнять ряд задач:

- сбор, обработка и анализ данных с измерительных устройств, установленных на автомобильных дорогах;
- обобщение и систематизация данных с различных измерительных устройств в единую системную шкалу времени о результатах проведенных осмотров и диагностических измерениях;
- контроль предельно допустимых значений параметров измерений и информирование оперативных служб и служб дорожного хозяйства при возникновении нештатных ситуаций;
- обработка мониторинговой и другой информации для оценки технико-эксплуатационного и физического состояния в режиме реального времени;
- прогнозное моделирование изменения измеряемых параметров технико-эксплуатационного состояния автомобильных дорог;
- информационное взаимодействие со смежными и внешними автоматизированными системами с целью обеспечения решения комплексных задач транспортного комплекса;
- дистанционное и непосредственное управление конфигурацией, режимами и алгоритмами систем комплексов в составе ИТС;
- формирование протоколов и отчетов о важных событиях функционирования средств транспортно-дорожного комплекса по запросу и/или с установленной периодичностью;

- информирование органов власти, хозяйствующих объектов и населения о возможности эксплуатации автомобильных дорог в режиме реального времени.

Информационное обеспечение представляет собой единую систему классификации и кодирования информации, унифицирования систем документации [22], схем построения информационных потоков и методологии баз данных. Информационные потоки формируются от места входной первичной информации и отражают маршруты перемещения и рассредоточения ее объемов, до использования выходной информации [23].

Без построения информационной системы невозможно существование интеллектуальных транспортных систем. Для формирования информационного обеспечения необходимо понимать функции, цели и задачи проектируемой системы, чтобы увязать информационно-логистическую модель, на которой будет создана база данных. Для этого необходимо понимать связь между входными и выходными информационными параметрами, объектами и реквизитами. Основные критерии, которым необходимо следовать, для создания информационной базы:

- установление основных целей, задач и функций управления конкретной системы;
- определение критериев связи схем информационных потоков между входными и выходными информационными параметрами на различных уровнях управления;
- наличие и использование системы классификации и кодирования документооборота;
- формирование методологии информационно-логистической модели на основании входных и выходных параметров;
- техническое обеспечение и оборудование для реализации разработанной информационной системы.

Помимо этого, информационно-логистическая модель должна обеспечивать конфиденциальность информации, целостность данных (защита от сбоев и потери информации) и доступность данных для авторизированных пользователей.

Информационное обеспечение, а конкретно автоматические системы управления (АСУ) являются неотъемлемым элементом всех комплексов, входящих в ИТС, обеспечивающим математическое, техническое, организационно-правовое функционирование. Поэтому большое внимание уделяется проработке нормативно-методической базы национальных и государственных регламентов, стандартов, государственных и правовых актов, методических материалов и других нормативных документов по реализации и управлению информационным обеспечением.

2 Особенности проектирования автомобильных дорог в суровых природно-климатических условиях Сибири и Крайнего Севера

При разработке проектов строительства автомобильных дорог в суровых природно-климатических условиях необходимо учитывать инженерно-геокриологический прогноз, который предусматривает общую оценку возможного проявления криогенных процессов, их масштабов и интенсивности на отдельных участках проектируемых автомобильных дорог, а также расчеты ореолов оттаивания (промерзания) и величины деформаций осадки (пучения) в поперечном профиле дорожных конструкций.

Зона многолетней мерзлоты, согласно СП 34.13330.2012 [24], относится к I дорожно-климатической зоне, которая включает в себя три подзоны с общими признаками по климатическим условиям, влажности и мощности залегания грунтов деятельного слоя, характеру распространения и температуре многолетнемерзлых грунтов.

В качестве объекта исследования выбрана автомобильная дорога федерального значения 04А-987, в направлении Дудинка-Алыкель Таймырского автономного округа, связывающая город Дудинка с населенными пунктами Норильского промышленного района, в том числе, городом Норильск. Данная автомобильная дорога, по дорожно-климатической карте, располагается на территории 1-й подзоне (I_1) - северная подзона низкотемпературных вечномерзлых грунтов (НТВМГ) сплошного распространения.

Рельеф территории, входящий в эту подзону относится к тундровым, лесотундровым, имеет пятнистый и мелковхолмленный микрорельеф. Распространение многолетнемерзлых грунтов по мощности сплошное и достигает 100-500 м и более. Температура многолетнемерзлых грунтов от минус 1,5-3 до минус 12 (на глубине 10 - 12 м) °C; мощность сезоннооттаивающего слоя – 0,4-2 м; преобладающие грунты – глинистые, пылеватые и торфоглинистые; среднегодовая относительная влажность грунтов, доли влажности на границе текучести $W_t > 1$.

Криогенные процессы I_1 зоны говорят нам об интенсивном развитии бугров пучения, морозобойного растрескивания, солифлюкции и пятнообразований. Имеется высокое содержание льдов различных типов с неглубоким залеганием, залежи повторно-жильного льда и инъекционного льда.

Практически на всем протяжении (50 км) автомобильная дорога 04А-987 «Дудинка – Алыкель», идет параллельно самой северной железной дороге мира. Железнодорожная трасса была построена в 1936/37 годах, в 1948-1953 годах её перевели на широкую колею, тогда же она была электрифицирована и по ней круглый год курсировала электричка, которая, в отличие от автомобильной дороги, перевозила пассажиров даже в самую ненастную погоду. В связи невыгодного содержания электрифицированной дороги в 1999 году контактная сеть была демонтирована, электрички и грузовые электровозы

ходить перестали, в последние 10 лет по железнодорожной трассе существует исключительно грузовое движение, обслуживаемое современными дизельными тепловозами.

Автомобильные дороги, связывающие между собой поселковые пункты, отсутствуют, так как их строительство и содержание, как и во всех северных территориях, требует значительных материальных затрат. Транспортное сообщение между населенными пунктами осуществляется по зимникам. Перевозки по таким дорогам проводят с декабря по май. В Дудинке находится крупный морской порт, который является одним из основных поставщиков продуктов питания, одежды, оборудования и прочих товаров, принадлежащих и материалов промышленности в ближайшие поселения и города (в том числе Норильск).

Из Дудинки можно добраться до аэропорта Алыкель и до города Норильск. Аэропорт располагается в 65 км от Дудинки. Из Алыкеля самолеты летают в Москву и другие крупные города, международных рейсов нет.

Автомобильная дорога Дудинка–Алыкель – это важный социальный и географический объект стратегического значения для России, требующий должного обеспечения по сохранению и улучшению требуемых качеств работы.

Основными факторами внешнего воздействия на состояние автомобильной дороги являются температура, осадки и ветер.

Дождевые и снеговые явления влияют на условия передвижения по автомобильной дороге, ухудшая сцепные качества покрытия и дальность видимости.

Район расположения объекта исследования относится к районам Крайнего Севера. Климат – суровый субарктический.

Климатические характеристики района исследования отображены в таблице 1 [25].

Таблица 1 – Климатические характеристики района производства работ

№ п/п	Климатическая характеристика	Величина
1.	Абсолютная температура воздуха: - минимальная - максимальная	минус 57° Плюс 32 °
2.	Температура воздуха наиболее холодной пятидневки обеспеченностю 0,98 0,92	Минус 47 ° Минус 46 °
3.	Средняя годовая скорость ветра (м/с)	5
4.	Преобладающее направление ветра	Ю

Продолжение таблицы 1

5.	Наибольшая скорость ветра (м/сек), возможная 1 раз за 1 год	6,7
6.	Средняя месячная относительная влажность воздуха наиболее холодного месяца, %	74
7.	Средняя месячная относительная влажность воздуха в 15 ч наиболее холодного месяца, %	74
8.	Сумма атмосферных осадков за год, мм	304
9.	Максимальное суточное количество осадков, мм	48
10.	Средняя дата образования устойчивого снежного покрова	10.X
11.	Средняя дата разрушения устойчивого снежного покрова	6.V
12.	Число дней в году с устойчивым снежным покровом	250
13.	Средняя из наибольших декадных высот снежного покрова за зиму, см	70 защищенный участок
14.	Расчетная толщина снежного покрова вероятностью превышения 5%, см	70 защищенный участок
15.	Среднее годовое число дней с туманами	40
16.	Средняя годовая продолжительность туманов (часов)	475
17.	Среднее за год число дней с метелью	176
18.	Средняя годовая продолжительность метелей (часов)	1000
19.	Среднее за год число дней с гололедом	219,5
20.	Нормативное значение ветрового давления ($\text{кгс}/\text{м}^2$) – IV зона	48
21.	Толщина стенки гололеда, превышаемая раз в пять лет (мм) – IV зона	15

Исходя из климатических характеристик Таймырского автономного округа, можно определить особенности дефектов конструктивных элементов автомобильной дороги, появляющихся в результате воздействия окружающей среды. Наличие влаги в конструктивных элементах автомобильной дороги и продолжительное воздействие низких и высоких температур на ее покрытие и грунты земляного полотна оказывает влияние природных физических процессов на состояние дороги и проявление, характерных дефектов и деформаций.

Физические процессы, влияющие на работу автомобильной дороги:

- испарения и конденсация – остаточная влага, в виде льда, снега или дождевой воды исчезает с поверхности дороги в результате испарения, но в то же время влага, содержащаяся в воздухе, имеет свойство конденсирования на поверхность дороги в виде росы или инея. При понижении температуры, относительная влажность воздуха повышается, соответственно избыточная влага будет осаждаться или конденсироваться на поверхностях. Температура, при которой наступает насыщение, называется температурой точки росы, соответственно, конденсация появляется, когда температура поверхности дороги ниже температуры точки росы окружающей среды, а обратные явления вызывают процесс испарения;

- замерзание и таяние – замерзание влаги, имеющейся на дорожном покрытии, при резком понижении температуры воздуха может привести к образованию гололедицы, то есть формирование стекловидного льда, приводящее к скользкости дороги. При неправильном применении противогололедных материалов, влага, оставшаяся после обработки дорожного покрытия, также возьмется стекловидным льдом [26];

- метеорологические явления – атмосферные явления, по степени влияния на условия движения транспортных средств, подразделяют на неблагоприятные и опасные. К неблагоприятным явлениям относятся явления не достигающие, по степени своего влияния, интенсивности и продолжительности, опасных явлений. К опасным явлениям относятся, например, шквал, смерч, сильный ливень, пыльная буря, мороз, затор, паводок и т.д [27].

Постройка автомобильной дороги вносит большие изменения в температурные гидрогеологические условия многолетнемерзлых грунтов, и влияние этих изменений необходимо постоянно контролировать в течении всего периода эксплуатации, выполняя соответствующие мероприятия по содержанию и текущему ремонту. Со временем эти автомобильные дороги деформируются и разрушаются, причем процессы приобретают не затухающее значение и все больше распространяются.

Из-за специфических свойств грунтов в основании насыпи и метеорологических особенностей территорий проектирования таких автомобильных дорог, важным моментом является постоянное отслеживание и информирование об изменениях грунтовых процессов сезонного промерзания и оттаивания, наблюдения за осадкой, температурных колебаний, состояния дорожного покрытия, с учетом метеорологических условий.

2.1 Оборудование для решения поставленных задач

Основная цель создания систем дорожного метеорологического обеспечения – получение оперативной информации о погодных условиях и состоянии дорожного покрытия на сети автомобильных дорог в режиме реального времени. Наличие этой информации позволит дорожно-эксплуатационной службе прогнозировать возможность возникновения

опасных метеорологических условий и возникновения зимней скользкости на автомобильных дорогах и, следовательно, принимать решения по проведению необходимых работ по их содержанию.

Применение СДМО на автомобильных дорогах обеспечивает:

- получение оперативной информации и социализированных прогнозов от автоматизированных дорожных метеостанций;
- обработка информации и получение данных о состоянии дорожного покрытия в данный момент времени и возможности появления опасных метеорологических явлений;
- передача полученной информации дорожным службам и участникам движения;
- создание баз данных для накопления и хранения информации с АДМС о погодных условиях и состоянии дорожного покрытия, и информации о полученных специализированных прогнозах.

Размещение комплексов АДМС выполняют из условий климатического районирования или на основе термокартирования автомобильных дорог. Необходимо соблюдение следующих требований:

- непосредственная близость размещения к дороге;
- сетевое размещение по территории района;
- установка в точках с максимальными значениями интенсивности неблагоприятных для дорог факторов погоды.

Зона распространения данных при сетевом расположении АДМС – 30-50 км.

Техническое обеспечение социализированного гидрометеорологического обеспечения дорожного хозяйства в общем случае включает в себя:

- автоматические дорожные метеорологические станции;
- систему связи (проводную/беспроводную);
- дорожные видеокамеры для косвенной визуальной оценки состояния дорожного полотна;
- табло и знаки переменной информации.

Используемые камеры видеонаблюдения позволяют получать информацию о погодных условиях, выпадении осадков, оценке количества снега на дорожном покрытии (уплотнение или сдувание снега, проходящим транспортом), а также фиксируются атмосферные явления, снижающие дальность видимости, как, например, туман.

Дорожные метеостанции комплектуются различными датчиками, в зависимости от климатических особенностей места расположения АДМС на автомобильной дороге. Все датчики, программное обеспечение и интерфейс составляют единую информационную систему.

Для измерения вертикальных и горизонтальных смещений слоев основания автомобильной дороги, АДМС комплектуются датчиками геотехнического оборудования

Необходимый комплекс работ в качестве СДМО и геотехнического мониторинга на автомобильный дороге 04А-987 «Дудинка – Алыкель»

обеспечит применение оборудования производителя Vaisala, Финляндия [28]. Данное оборудование позволит выполнять полный комплекс работ по мониторингу на исследуемом нами объектом, к тому же Красноярский край имеет большой опыт работы с данным производителем, оборудование успешно используется на 6 автомобильных дорогах под ведомством КГКУ «КруДор».

Предлагается использование автоматизированных дорожных метеорологических станций модификации ROSA DM32 производства Vaisala Финляндия. ROSA является системой, оповещающей обо образовании гололеда, но так же она предназначена для всестороннего анализа дорожного покрытия, выявления и предупреждения о различных метеорологических ситуациях.

2.1.1 Конфигурация автоматизированных дорожных метеорологических станций и геотехнического мониторинга

Метеорологические датчики АДМС различного назначения контролируют параметры состояния дорожного покрытия и граничащего с ним слоя атмосферы. Климатический район объекта исследования предусматривает контроль следующих параметров:

- температура окружающего воздуха;
- относительная влажность воздуха;
- температура точки росы;
- скорость и направление ветра;
- атмосферное давление;
- наличие, интенсивность, сумму осадков;
- метеорологическую дальность видимости;
- состояние дорожного покрытия (сухое/влажное; наличие льда, снега, инея);
- толщину отложений на покрытии;
- температуру в дорожной конструкции и дорожного покрытия, наличие на нем противогололёдных реагентов, температуру замерзания отложений.

Рассмотрим систему оповещения ROSA Vaisala, предназначенную для анализа дорожного покрытия в целях мониторинга и выдачи необходимых предупреждений. «Сердцем» системы является интерфейсная плата и датчики, необходимые для всестороннего анализа состояния поверхности автомобильной дороги. Интерфейсная плата содержит все пакеты прикладных программ необходимые для измерения, реализации алгоритмов и других процедур, осуществляющих полный анализ состояния поверхности дорожного покрытия и взаимодействие с сетью ROSA. Модульное построение системы ROSA обеспечивает большую гибкость, позволяет подключать различные датчики (метеорологические, геотехнические), в целях получения дополнительной информации об окружающей среде и техническом состоянии автомобильной дороги [29].

Блок анализатора ROSA как изделия имеет название DM32. Блок анализатора включает в себя раму и конфигурируемое число интерфейсных плат. К одной интерфейсной плате можно подключить 2 датчика. Интерфейсная плата содержит блок календарного времени и память RAM с резервным питанием, а также электрически перепрограммируемую память FLASH EPROM (128 кБ) для элементов памяти программы.

При стандартной конфигурации анализатора на раму устанавливают один модем, но при необходимости можно подключать до пяти модемов с изменением конфигурации установки.

Типовая конфигурация системы анализатора текущей погоды ROSA DM32 и дополнительные датчики анализатора отражены в таблицах 2 и 3.

Таблица 2 – Основные компоненты анализатора DM32

Обозначение	Наименование
DMF133	Рама
DMB133	Материнская плата
DPS133	Плата питания
DRI511/521	Интерфейсная плата
DXM421/DXL421	Модем для телефонной/выделенной линии
DRD11A	Детектор дождя
HMP45D	Датчик температуры и влажности
DTR13/DTR502	Радиационный экран

Таблица 3 – Дополнительные датчики к анализатору DM32

Обозначение	Наименование
WAA151	Анемометр с передатчиком WAT12
WAV151	Датчик направления ветра с передатчиком WAT12
WMS301	Комбинированный датчик ветра
WS425	Ультразвуковой датчик ветра
PMB100	Барометрический модуль (800–1100 гПа)
RG13	Датчик осадков
PWD10	Измеритель видимости
PWD12	Детектор текущей погоды
PWD22	Детектор текущей погоды
DTS12G	Датчик температуры грунта под поверхностью дорожного покрытия

Продолжение таблицы 3	
QMS101	Пиранометр
SR50	Датчик глубины снежного покрова
DSC111	Дистанционный датчик состояния дорожного покрытия
DST111	Дистанционный датчик температуры дорожного покрытия
HMT310	Датчик влажности
DRS511	Обнаружение черного льда, датчики температуры до 300 мм.

Основные датчики системы ROSA – датчик состояния поверхности дороги DRS511, детектор дождя DRD11A, датчик температуры и влажности HMP45D. Остальные датчики являются дополнительными и имеют широкий спектр действия.

Датчик состояния поверхности дороги DRS511 проводит оптические измерения состояния дорожного покрытия и позволяет производить измерения 6 параметров:

- оптическое определение состояния дорожного покрытия;
- проводимость поверхности;
- электрохимическая поляризация;
- емкость поверхности (черный лед);
- температура поверхности;
- температура грунта.

DRS511 устанавливается на 1-2 мм ниже поверхности дороги, что позволяет по количеству накопившейся влаги точно определить концентрацию солевого раствора на дороге.

Детектор дождя DRD11A позволяет оценивать не только текущую метеорологическую ситуацию, но и интенсивность дождя, работа датчика основана на емкостном принципе, результат регистрируется по типу ДА/НЕТ.

Датчик температуры и влажности HMP45D предназначен для измерения относительной влажности и температуры воздуха, обладает радиационной защитой, которая предотвращает воздействие солнечной и длинноволновой радиации, влияющей на результаты измерений.

В состав контрольно-измерительной аппаратуры геотехнического мониторинга дистанционного типа входит набор датчиков, соединительные и регистрационные устройства. Базовая конфигурация выглядит следующим образом [19]:

- оборудование контроля горизонтальных смещений грунта (инклинометры, обсадные инклинометрические трубы и др.);

- оборудование вертикальных смещений грунта (экстензометр, анкременные экстензометры и др.);
- гидрогеологическое оборудование (автоматические пьезометры, индикаторы уровня воды и др.);
- датчики нагрузки на грунт;
- автоматизированная системы сбора данных (радиомодуль).

Такой комплект оборудования устанавливается на каждой скважине и представляет собой радиомодуль и измерительные модули для каждого контрольного оборудования, то есть, например, инклинометр подключается к одному измерительному модулю, а пьезометр к другому измерительному модулю, при этом модули работают в системе, подключаясь друг к другу через специализированный интерфейс. Измерительные модули заряжаются от аккумуляторной батареи 12 В, напряжение подводится к одному модулю. К измерительному модулю можно подключать до 8 инклинометров и до 2 пьезометров через соответствующие разъемы [30].

Автоматические пьезометры предназначены для гидрогеологического наблюдения, применяются для определения порового давления воды в грунтах и контроля за изменениями уровня подземных вод. Датчик пьезометра устанавливается путем закапывания в грунт или в предварительно пробуренные скважины с трубками небольшого диаметра.

При геодезических наблюдениях, для определения вертикального смещения грунтовых слоев основания применяется скважинный стационарный экстензометр, для вертикальных – автоматический скважинный инклинометр.

Стационарный экстензометр может использоваться в сочетании с инклинометрическими обсадными трубами из ABS пластика с самоцентрирующимися соединителями и стационарным инклинометром для автоматического мониторинга вертикальных и горизонтальных смещений слоев основания.

Зонды стационарного скважинного экстензометра и инклинометра соединяются в гирлянду и помещаются в обсадную трубу инклинометра в заданном положении (вертикально/горизонтально) в возможном месте деформации. Зонды оснащаются двухосным компенсированными сервоакселерометрами, который отмечает те или иные отклонения в грунтовом массиве.

При возникновении осадки грунтовых слоев происходит сжатие измерительных зондов экстензометра на величину сжимаемой толщи грунта, на акселерометрические датчики поступает сигнал и при снятии показаний преобразовывается в значения деформаций. При этом датчики инклинометрического оборудования регистрируют отклонения от заданной оси.

Геотехнический мониторинг, в целях принятия своевременных технических управлеченческих решений, проводят следующие виды работ:

- геотемпературные наблюдения в термометрических скважинах в два цикла в конце и середине зимнего и летнего периодов:

- гидрогеологические наблюдения в скважинах в период образования максимально мощного сезонно-талого слоя (в конце летнего периода) и на ключевых участках в конце зимнего периода;
- наблюдения за высотой и плотностью снежного покрова с момента его установления и до начала таяния;
- нивелирование грунтовых реперов в летний период;
- теплотехнические расчеты на основании результатов инструментальных наблюдений;
- геотехническое прогнозирование на основании результатов инструментальных наблюдений;
- разработка рекомендаций по устранению деструктивных процессов на основании результатов всех видов исследований.

Производителей геотехнического стационарного оборудования огромное количество, они имеют схожие технические характеристики, и выбор оборудования осуществляется согласно экономическим затратам.

2.2 Технические особенности автомобильных дорог в суровых природно-климатических условиях Сибири и Крайнего Севера

Как было сказано выше, места установки АДМС определяются на основании термокартирования зоны исследования или многолетними наблюдениями за погодой, данные которых можно получить у Гидрометцентра, а также по данным интенсивности движения транспорта.

В связи с территориальными особенностями расположения автомобильной дороги 04А-987 «Дудинка – Алыкель», необходимо учитывать ряд факторов, при установке метеорологического и технического оборудования.

В местах расположение водопропускных труб создается дополнительное тепловое и силовое воздействие и при внештатных ситуациях может приводить к нарушению теплового баланса, поэтому очень часто можно наблюдать сильные деформационные сдвиги земляного полотна в местах их пролегания (пучение, оттаивание мерзлоты и т.д) [31].

Как правило, водопропускные трубы проектируют исходя из условия наименьшего разрушения естественного состояния многолетнемерзлых грунтов. Водопропускные трубы необходимо устраивать не периодически действующих водотоках, для предотвращения термокарстовых явлений в грунтах основания, особенно на участках просадочных грунтов оттаивания.

Для поперечного пропуска поверхностных вод через земляное полотно проектируемой автомобильной дороги, относительно оси наспи, следует устраивать водопропускные сооружения - трубы капитального типа, бетонные, железобетонные или металлические.

Для районов многолетней мерзлоты на глинистых и торфоглинистых грунтах водопропускные сооружения и системы водоотведения проектируют по 1-му принципу, с обеспечением поднятия верхнего горизонта многолетней

мерзлоты к подошве фундамента и сохранением этого уровня в течение всего периода эксплуатации. По материалу применяют круглые металлические водопропускные сооружения (отверстия от 0,75 до 3,0 м) или прямоугольные (отверстия от 1,0 до 6,0 м) бетонные и железобетонные трубы.

Сооружение систем водоотведения в конструкции насыпи автомобильной дороги вносит свои корректизы в годовой тепловой баланс многолетнемерзлых грунтов, что приводит к изменению мерзлотно-грунтовых условий. К нарушению теплового баланса может привести:

- изменение мощности снежных отложений;
- изменение направления и условий протекания поверхностных вод;
- нарушение мохорастительного покрова вследствие производства работ;
- переформирование, промораживание фильтрационных потоков и др [32].

Принятие мер по обеспечению стабильности мерзлотно-грунтовых условий позволяет обеспечивать расчетный температурный режим и правильную работу конструкции, но специфика природных условий в районах многолетней мерзлоты не позволяет делать это на заданном уровне.

Причинами возникновения недопустимых деформаций являются:

- забитость труб наледным льдом на наледных участках и, как следствие, недопустимое повышение уровня воды в паводок, приводящее к разрушению насыпи над трубами;
- возникновение наледей на участках водотока, в связи с изменившимися после строительства гидрологическими условиями;
- промерзание и дальнейшее сильное понижение температуры грунта вокруг трубы зимой, приводящее к морозобойному растрескиванию грунта насыпи, образованию над трубой вертикальной сквозной трещины поперек дороги и тела насыпи и дальнейшему размыву по этой трещине паводковыми водами;
- промерзание и пучение грунта вокруг трубы в осенне-зимний период в связи с ее избыточным охлаждением и возникновение давления пучения;
- давление оттаявшего грунта насыпи на трубу в связи с избыточным отеплением изнутри трубы летом;
- пучение фундамента трубы зимой;
- тепловое воздействие снегозаносов, вследствие неправильного расположения снегозащитных заборов;
- осадка оттаивания грунтов под фундаментом трубы летом;
- вдольтрассовая эрозия насыпи паводковыми водами за счет появления повышенных скоростей течения в связи с перегораживанием водотока насыпью;
- волновое воздействие паводковых вод, если залитое ими пространство оказывается достаточно большим, что характерно для равнинных участков рек [33].

Прогнозирование описанных выше явлений, таких как, прогноз температурных полей в зоне водопропусков, расчет возможных деформаций в

местах оттаивания и промерзания внутри тела насыпи, является основополагающим фактором по улучшению качества работы автомобильной дороги.

Следовательно, на основании вышеперечисленных факторов, установка датчиков изменения температуры, давления и геотехнических датчиков огромную роль играет, именно, в местах расположения водопропускных сооружений и систем водоотведения.

3 Структура информационной системы

3.1 Организационное обеспечение информационной системы

Согласно постановлению Правительства Российской Федерации от 9 сентября 2016 г. №893 [34], Правительство оказывает содействие в использование сайта в информационно-телекоммуникационной сети «Интернет» в целях выявления опасных участков дорог, аварийных ситуаций на автомобильных дорогах федерального, регионального и муниципального значения и обеспечения своевременного принятия неотложных мер по их обустройству.

На основании данного документа, при создании сайта в сети «Интернет» необходимо следовать алгоритму взаимодействия Высших органов власти и уполномоченных органов:

- действовать по утвержденным правилам взаимодействия органов исполнительной власти и организаций при формировании сайта в сети «Интернет». Содержащего информацию о ситуации на автомобильных дорогах федерального, регионального и муниципального значения;
- установить, что Министерство связи и массовых коммуникаций Российской Федерации (РФ) является ответственным органом в разработке сайта;
- обеспечить доступ к информации межведомственным организациям, обеспечивающим безопасность на автомобильных дорогах РФ;
- принять нормативный правовой акт об определении органа исполнительной власти субъекта РФ, уполномоченного на осуществление сбора, формирования и представления уполномоченному органу информации о состоянии безопасности дорожного движения и т.д;
- осуществлять предоставление информации уполномоченному органу о принятых мерах, направленных на повышение качества работы транспортно-дорожной сети;
- осуществлять мониторинг и анализ информации о состоянии дорожного движения и принимать соответствующие меры в пределах своих полномочий.

Финансирование создания, развития и ввода в эксплуатацию сайта, а также хранение информации, происходит за счет средств федерального бюджета.

Правительственная поддержка позволяет расширить области применения проводной и беспроводной сети, использовать все каналы связи, которые

можно применить на объекте исследования, учитывая его особенности географического местоположения.

Проводная и беспроводная сеть предназначена для обмена данными между информационной станцией, модулями распределения и пользователями. Связь информационной станции через проводную или беспроводную сеть, в информационно-коммуникационной сети «Интернет», обеспечивает быстрый доступ к заданному набору данных. Сбор, анализ, обработка и передача информации происходит автоматически, согласно структуре программного обеспечения базы данных (БД).

В проводной сети передача информации осуществляется между любыми двумя устройствами по проводу, представляющего собой медный или волоконно-оптический кабель. Проводные сети ограничены в информационно-коммуникационной среде, как физическими свойствами провода, так и ограничениями передачи данных по каналам связи, то есть количеству подключенных устройств (не более двух). Преимущества проводной сети заключаются в стабильной, надежной работе и высокой скорости, которая не делится между пользователями сети и действуют в каждую сторону одинаково [35].

Беспроводная сеть, в свою очередь, не ограничена проводами и определенным количеством каналов связи. Передача данных осуществляется «по воздуху» посредством радиосигналов, в условиях отсутствия препятствий, помех и в зоне радиуса действия сети. Беспроводная сеть подразделяется на несколько видов:

- Стандартная беспроводная сеть включает в себя точку доступа с идентификатором сети (доступное подключение к сети «Интернет») и приемник – беспроводной адаптер. В совокупности представляет собой схему сети Wi-Fi, где происходит передача цифровых потоков по радиоканалам связи [36];

- Bluetooth – беспроводная радиосвязь между портативными совместимыми устройствами. Bluetooth не требует связи с сервером и обладает низким энергопотреблением. Радиус сообщения устройств передачи и приема информации в старых версиях протокола Bluetooth (1.0, 1.1, 1.2, 2.0, 2.1, 3.0, 4.0, 4.1, и 4.2) составляет 10 м, в версиях Bluetooth 5.0 и выше – до 400 м, при условии отсутствия преград и помех. Bluetooth технология использует радиоволны с непостоянной и быстроменяющейся частотой, в данном случае канал связи один, между передатчиком информации и приемником [37];

- Спутниковый интернет – обеспечивает доступ к сети «Интернет» с помощью спутниковой связи. Обмен данных через спутниковую связь обеспечивается односторонним способом передачи (ассиметричный), когда для приема используется спутниковый канал, а для передачи – доступные наземные каналы, либо двусторонним способом передачи (симметричный), когда и для приема и для передачи данных используются спутниковые каналы. Организация канала доступа для пользователя через искусственные спутники Земли требует установки специфического оборудования – спутниковой

антенны «тарелки», и регистрацию у провайдера, предоставляющего доступ в интернет, через указанный спутник. Данный вид связи используется при отсутствии других возможных способов передачи информации через сеть «Интернет» и является дорогостоящим [38];

- Мобильный интернет – беспроводная радиосвязь, осуществляющаяся за счет приемопередающей радиосигналы базовой сотовой станции и встроенного модема мобильного устройства, либо отдельного USB-модема. Базовая сотовая станция является отдельной ячейкой (сотой) сети сотовой связи. У каждой базовой сотовой станции определена зона покрытия, частичное перекрытие радиусов сот образует сеть. Приемопередатчики сотовой сети работают в одном частотном диапазоне, поэтому, при перемещении местоположения коммутирующего оборудования из одной соты в другую, обеспечивается беспрерывная связь. Средний радиус действия сети базовой сотовой станции 30-50 км, прием и передача данных осуществляется по технологии связи поколений GPRS – до 40 Кбит/с, EDGE (2G) – до 236 Кбит/с, 3G – до 3,6 Мбит/с, 4G (LTE) – около 100 Мбит/с [39].

Ключевое преимущество беспроводной системы – отсутствие проводов, мобильность в радиусе действия сети, а также возможность коммуницировать с несколькими каналами связи. Разнообразие способов беспроводных систем связи для подключения к сети «Интернет» позволяет выбирать пользователю наиболее удобный и экономически выгодный для него сетевой продукт. К минусам беспроводной системы связи относятся:

- распределение заявленной производителем точки доступа скорости передачи данных между пользователями сети приводит к ее понижению;
- между передатчиком связи и приемником не должно быть помех и препядствий, так как дальность устойчивой работы будет меньше, а скорость передачи информации падает быстрее;
- бессистемное размещение нескольких беспроводных сетей на одинаковом или близком канале передачи создает помехи, приводящие к снижению скорости по каждой сети.

Таким образом, заявленная производителем и реальная скорость беспроводных сетей связи всегда будет отличаться, и реальное значение определить трудно, так как на скорость передачи информации влияет множество внешних факторов, в один день она может быть на уровне заявленной, в другой день упасть в несколько раз. Также к минусам беспроводной системы относятся низкая защита безопасности данных, необходимо надежное шифрование.

Правительственная поддержка в использовании сайта в информационно-телекоммуникационной сети «Интернет» в целях повышения безопасности и качества работы автомобильных дорог и разнообразие способов к нему подключения обеспечивают беспрепятственное формирование интеллектуального автоматизированного продукта.

3.2 Формирование базы данных и системы управления базой данных

База данных (БД) – это упорядоченная система хранения информационных материалов в цифровом пространстве, базирующаяся на информационных технологиях и электронно-вычислительной технике [40].

Для того, чтобы работать с информацией, хранящейся в базе данных, существует система управления базой данных (СУБД). СУБД – это специализированное программное обеспечение, позволяющее обрабатывать, структурировать и систематизировать информацию по различным признакам, с целью быстрого извлечения выборки с требуемым сочетанием признаков.

БД и СУБД – это информационные системы, которые представляют собой структуру, обеспечивающую автоматизированный сбор, обработку и систематизацию данных, и включающую технические средства обработки данных, программное обеспечение (ПО) и обслуживающий персонал.

В нашем исследовании мы будем работать с банком данных (БнД), который включает в себя вычислительную систему, одну или несколько БД, СУБД и набор прикладных программ (ПП).

Функции банка данных:

- хранение и защита данных;
- изменение хранящихся данных (обновление, добавление, удаление);
- поиск и отбор данных по запросам пользователей;
- обработка данных и вывод результатов.

В банке данных СУБД представляет пакет прикладных программ и совокупность языковых средств, предназначенных для создания, сопровождения и использования баз данных. Прикладные программы служат для обработки данных, вычислений и формирования выходных документов по заданной форме.

Наиболее распространенный язык программирования для управления информацией в СУБД – SQL (англ. Structured query language – язык структурированных запросов). SQL применяется для управления данными в реляционной базе данных, является информационно-логическим языком, предназначенным для описания, изменения и извлечения данных [41].

Основой любой БД является структура модели данных. Существует три структуры модели данных:

- Иерархическая – совокупность элементов связанных между собой по определенным правилам. Представляют собой ориентированный граф (перевернутое дерево), где существует одна вершина (1 уровень), не подчиненная никакой другой вершине, от которой отходят зависимые узлы (уровни) не связанные между собой. К каждой записи данных существует только один иерархический путь от вершины (1-го уровня);

- Сетевая – совокупность элементов, позволяющая связываться между собой, где через один элемент системы можно перейти в другой через один или несколько путей;

- Реляционная – представляет собой организацию данных в виде двухмерных таблиц. Каждая реляционная таблица представляет собой двухмерный массив, где:

- каждый элемент таблицы – один элемент данных;
- все столбцы в таблице одинаковый тип (числовой, символьный и т.д) и длину;
- у каждого столбца уникальное имя;
- в таблице отсутствуют одинаковые строки;
- произвольный порядок следования строк и столбцов.

Если несколько таблиц объединяет какое-то значение, то их можно связать составным ключом, когда в состав ключа одной таблицы вводится ключ второй таблицы.

В СУБД можно использовать как некоторое подмножество всех типов моделей данных, так и их комбинацию.

По способу доступа к данным БД разделяются на локальные БД и БД с удаленным (сетевым) доступом. Базы данных с сетевым доступом имеют две различные архитектуры:

- Файл-сервер – информационные данные располагаются централизованно на файл-сервере, то есть СУБД располагается на каждом персональном компьютере (ПК) (рабочей станции), но доступ СУБД к данным осуществляется через локальную сеть. Файлы БД в соответствии с запросами пользователей передаются на ПК, где одновременно обрабатываются и синхронизируются с БД.

Преимуществом такой системы является низкая нагрузка на центральный сервер, недостатком – высокая загрузка локальной сети, затрудненность или невозможность централизованного управления, низкая надежность, доступность и безопасность. Данная архитектура БД считается устаревшей;

- Клиент-сервер – помимо хранения централизованной БД, центральный компьютер (сервер БД) обеспечивает основную обработку данных. Центральный компьютер сам находит и выдает информацию на запрос с ПК.

Преимущества системы заключаются в низкой загрузке локальной сети, централизованное управление, надежность, доступность и безопасность. Недостатки проявляются в повышенных требованиях к программному обеспечению сервера БД.

Имея представление о структуре формирования БД, мы можем сформировать свою СУБД. В рамках исследования нам известны банк данных, количество технического оборудования и способы передачи считываемой информации, программное обеспечение, возможности проводной и беспроводной связи.

3.2.1 Формирование базы данных и системы управления базой данных на объекте исследования

Основным источником информации в системе ИТС являются данные, получаемые с датчиков СДМО. Гидрометеорологические запросы поступают в дорожные организации в соответствии с запросом от территориальных управлений и областных центров по любым каналам связи (проводные каналы связи, GPS, GLONASS, сотовая связь и т.п.).

Структура модели банка данных представляет собой совокупность иерархической и сетевой модели.

В вершине модели находится БнД, в котором накапливаются и хранятся данные со всех устройств СДМО. БнД включает в себя:

- БД;
- СУБД;
- Программное обеспечение;
- Технические средства информационных технологий (ПК и т.д.);
- Словарь данных;
- Администратор;
- Обслуживающий персонал.

БД, в контексте автоматизированной системы управления данными, отвечает за общие принципы описания, хранения и манипулирования данными.

СУБД представляет собой совокупность программного обеспечения и языковых средств, в СДМО программное обеспечение прописано и прилагается вместе с техническим оборудованием. Программное обеспечение проводит интеллектуальный анализ, определяющий состояние дорожного покрытия и другие предусмотренные параметры на основании результатов измерений. Логическая структура программы анализа состояния покрытия состоит из иерархических уровней: измерение, выполнение расчетов, формирование выходных данных [29]. Выходные данные с измерений технического оборудования по СУБД поступают в БД и так далее.

К техническим средствам информационных технологий относятся главный компьютер с центральным сервером, персональные компьютеры пользователей, устройства визуального отображения (ТПИ и ЗПИ) и так далее.

Словарь данных – это документ, описывающий базу данных. Словарь данных ИТС содержит следующую информацию:

- местоположение и количество СДМО;
- количество измеряемых параметров;
- измеряемые параметры;
- выходные данные измерений;
- уровни привилегий выходных данных;
- региональные и муниципальные службы управления дорожным хозяйством, работающие на участке автомобильной дороги;
- тип сети для передачи данных.

Администратор – специалист или группа специалистов, отвечающая за создание и эксплуатацию банка данных. Администратор работает с технической частью банка данных, выявляет и устраняет программные ошибки.

Обслуживающий персонал – пользователи различных категорий, работающие с банком данных на основании методических и регламентирующих документов. От пользователя в информационно-коммуникационной сети «Интернет» до диспетчера центра обработки данных.

Центральный банк данных должен где-то находиться, для этого создаются специальные рабочие структуры в организациях управления дорожным хозяйством и подрядных организациях, так называемый центр обработки данных (ЦОД). ЦОД – это структура, предназначенная для централизованного размещения серверного и сетевого информационно-телекоммуникационного оборудования, обеспечивающего оказание услуг в области хранения, обработки и передачи данных с подключением клиентов к сети Интернет [42]. ЦОД должны быть оборудованы согласно регламенту ГОСТа [42], обеспечивая эффективность, рентабельность и безопасную работу всех систем.

Инфраструктура ЦОД включает в себя следующие элементы:

- главные и вспомогательные серверы и вычислительное техническое оборудование;
- техническое оборудование для хранения данных (массив накопителей (жесткий диск), системы архивирования данных);
- вспомогательное электронное оборудование (дисплеи, информационные табло, ТПИ и ЗПИ);
- резервные генераторы электроэнергии.

Квалификация персонала ЦОД должна соответствовать требованиям профессионального стандарта. Автоматизированная система диспетчерского управления обеспечивает функционирование технологического оборудования и главная задача сотрудника (диспетчера) следить за изменениями параметров СДМО. При внештатных ситуациях диспетчер регистрирует отклонения параметров и назначает им разную степень реагирования согласно регламенту. Особо значимая информация, которая может влиять на безопасную работу автомобильной дороги, например гололедица, немедленно передается службам дорожного хозяйства.

Основные критерии оценивания дорожной ситуации диспетчером:

- прогнозирование зимней скользкости, в связи с резкими перепадами температур;
- визуальная оценка состояния дорожного покрытия по камерам видеонаблюдения (определение видимости);
- состояние дорожного полотна влажно, сухо, мокро и т.д.;
- тип и количество осадков;
- температуру воздуха, поверхности дороги и грунта на глубине 8 см и 40 см;
- давление;

- прогнозирование деформационных изменений в конструкции насыпи автомобильной дороги;
- прогнозирование деформационных изменений в конструкции насыпи автомобильной дороги в местах расположения искусственных дорожных сооружений;
- направление и скорость ветра;
- прогнозирование объемов снегопереносов.

Грамотная оценка диспетчером дорожно-климатической ситуации позволит вовремя уведомлять службы дорожного хозяйства о прогнозируемых климатических и технических изменениях и, соответственно, улучшить качество работы автомобильных дорог.

Автоматизированная система диспетчерского управления в совокупности со специалистом, наблюдающим за ситуацией позволит осуществлять:

- контроль значений параметров технико-эксплуатационного состояния автомобильных дорог и доводить до оперативных (аварийных) служб информацию о выходе этих параметров за установленные критериальные значения при возникновении аварийных (нештатных) ситуаций;
- информирование органов власти, хозяйствующих субъектов и населения о невозможности или ограничениях использования автомобильных дорог;
- оперативное информирование служб дорожного хозяйства об установленных участках, требующих повышенного внимания по содержанию автомобильных дорог или ближайшего ремонта [20].

В качестве организации-заказчика информации по оценке доступности территорий выступают владельцы дорог каждого субъекта Российской Федерации, а пользователями являются различные подразделения (Министерство чрезвычайных ситуаций (МЧС), министерство внутренних дел (МВД), перевозчики, министерство здравоохранения и т.д.).

Руководство и организацию работ по содержанию автомобильных дорог федерального значения осуществляют:

- Федеральные управления автомобильных дорог;
- Управления автомобильных магистралей;
- Дирекция строящихся дорог;
- Территориальные управления автомобильных дорог.

Данные Управления отвечают за оперативное управление интеллектуальными системами на автомобильных дорогах, своевременные сведения о метеорологической ситуации и состоянии покрытия дороги, выработку прогнозов и рекомендаций дорожно-эксплуатационным службам, информирование об условиях движения пользователей дорог. Они контролируют работу подразделений и структуру производственного процесса.

4 Рекомендации по интегрированию интеллектуальной транспортной системы дорожного мониторинга на объекте исследования

Места установки дорожного метеорологического обеспечения выбираются предпочтительно вблизи зданий, сооружений, постовых служб, с целью облегчения подключения АДМС к электросетям и беспроводным или проводным каналам связи. Наилучшими местами размещения считаются:

- автозаправочные станции;
- посты государственной автомобильной инспекции (ГАИ);
- производственные предприятия с охраняемой территорией;
- посты весового контроля;
- населенные пункты [43].

Объект исследования автомобильная дорога 04А-987 «Дудинка – Алыкель» на своем протяжении не имеет автозаправочных станций (АЗС) и постов ГАИ, АЗС располагаются только в пределах города Дудинка. Посты весового контроля и производственные предприятия отсутствуют.

Соответствующие обстоятельства ограничивают в выборе мест размещения АДМС и налагают обязанность подходить к этому вопросу наиболее рациональным способом.

Разновидность метеорологических станций Vaisala предлагает специальные автоматические погодные станции, которые применяются там, где отсутствуют линии связи и питания. Такие станции, при отсутствии питания в 220В, подзаряжаются посредство питания от солнечных панелей 25В. На объекте исследования нет возможности установки фиксированной линии связи, когда данные со станций автоматически запрашиваются компьютером по выделенной телефонной линии. Для этой ситуации система ROSA предлагает другой режим модемов – GSM-модемы. GSM-модем – это беспроводной модем, предназначенный для приема и передачи данных по сети операторов мобильной связи.

Как показывают карты зон покрытия сотовой связи автомобильной дороги 04А-987 «Дудинка – Алыкель», сети сотовой связи и мобильного интернета значительные и действуют на всем протяжении дороги. Сети сотовой связи и мобильного интернета (2G, 3G, 4G) предлагают такие крупные операторы, как Мегафон, МТС, Теле2, YOTA [44]. Помимо сотовых каналов связи, для передачи данных с датчиков не оперативного действия, существует возможность подключения по каналам связи Bluetooth, где информация будет считываться при непосредственном подключении приемного устройства на месте установки. Следовательно, проблемы с получением своевременной информации отсутствуют.

Многоточечная связь системы ROSA построена по стандарту последовательной передачи. Система позволяет подключать до 16 станций, где одна ведущая и 15 ведомых. Все станции обмениваются данными между собой, но только ведущая станция оперирует со всеми ведомыми. Материнская плата ведущей станции производит опрос ведомых и подключена к модему. То есть,

ведомые станции выдают только свою информацию, а ведущая является проводником к данным всей системы [29]. При нормальной работе программное обеспечение ROSA ежеминутно проверяет включен ли детектор несущей частоты согласно установленному сигналу. Каждый час система посыпает специальные команды для восстановления профиля модема и установки подтверждения связи.

Необходимо выбирать места установки систем СДМО на автомобильной дороге на участках наиболее подверженных деформациям и разрушениям, где расположены водоотводные сооружения и другие искусственные дорожные сооружения. Также необходимо не забывать, что зона распространения данных в сетевом расположении станций – 30-50 км, поэтому частое размещение станций не только экономически не выгодно, но и не рационально, так как сбор информации с одной АДМС в зоне действия сети позволяет составить полную картину происходящего на автомобильной дороги. Температурный профиль дороги рассчитывается относительно мест установки дорожных температурных датчиков на всем протяжении автомобильной дороги между АДМС. Разность температур позволяет выявить места первоочередного образования зимней скользкости, в местах понижения температуры дорожного покрытия [7].

Выбирается наиболее репрезентативное место размещения, обеспечивающее удобство и безопасность обслуживания системы, желательно с возможностью парковки автомобиля. План установки оборудования АДМС:

- план прокладки кабелей и подготовка траншей под них;
- строительство фундамента (бетонные блоки или заливка на месте);
- установка плиты основания с болтами на фундамент;
- установка мачты на плиту основания;
- установка блока электроники на мачту;
- установка кронштейна датчиков с нужными датчиками;
- подключение кабеля питания;
- подключение кабелей от датчиков;
- подключение линии связи.

Траверса, устанавливаемые на мачту в направлении юг-север, для определения данных ветра не должны быть загорожены деревьями или другими объектами. При выборе уровня высоты установки блоков анализатора необходимо учитывать высоту снежного покрова.

Так как комплекс СДМО, предлагаемый нами, представляет собой совокупность метеорологического и геотехнического мониторинга, то, при выборе мест установки АДМС, учитываются технические возможности геотехнического оборудования.

Для установки постоянного геотехнического оборудования пробуривается скважина до плотных грунтов, куда устанавливается опорный репер. Глубина гидрогеологической скважины от 4 до 100 м, диаметр скважины выбирают исходя из конкретных условий установки и гидрогеологических параметров, и он не должен превышать тройного диаметра направляющих

инклинометрических труб. Места расположения скважин определяются по результатам инженерных изысканий, обследований и так далее.

В скважину помещают направляющие трубы доступа для инклинометрического и экстензометрического оборудования, а следом и само оборудование. К оборудованию подключаются портативные считывающие устройства или стационарные автоматизированные системы регистрации [30].

Беспроводная передача данных от измерительных устройств геотехнического оборудования производится через распределительную сенсорную сеть, которая состоит из отдельных блоков беспроводных модулей и координатора беспроводной сети. Координатор беспроводной сети связывается с сетевым шлюзом передачи данных (программное обеспечение для сопряжения компьютерных сетей) или через USB-интерфейс (интерфейс для подключения периферийных устройств, например, GSM-модем) с радиомодулем [45].

Объект исследования автомобильная дорога 04А-987 «Дудинка – Алыкель» в заданных координатах имеет расстояние 50 км. На протяжении автомобильной дороги в заданном направлении расположено 20 водопропускных сооружений (9 металлических труб и 11 железобетонных) и 10 мостов (9 мостов над водой и 1 автодорожный путепровод над железнодорожными путями).

Места интегрирования оборудования СДМО определены на основании географических особенностей расположения объекта исследования, оборудование размещено на расстоянии между собой не более 25 км. Учитывая протяженность автомобильной дороги, выделены три координаты местоположения СДМО в направлении «Дудинка – Алыкель»:

- 2+000 км, на 2+500 км расположена водопропускная металлическая труба для пропуска ручья Хариусный;
- 25+300 км, на 24+800 км расположен мост через реку Озерный и следом за мостом железобетонная водопропускная труба;
- 46+500 км, на 47+000 км расположена железобетонная водопропускная труба.

Сеть станций включает три СДМО, ведущая станция располагается на 2+000 км возле города Дудинка. Местоположение каждой из станций системы выбрано на основании нормативных требований и с учетом технических особенностей исследуемой автомобильной дороги. Технические характеристики автомобильной дороги «Дудинка-Алыкель» получены на основании данных диагностики дороги программно-аппаратным комплексом «Система видеопаспортизации дорог».

Технические характеристики автомобильной дороги в местах размещения СДМО отображены в таблице 4.

Таблица 4 – Технические характеристики автомобильной дороги

Участок	Ширина проезжей части, м	Поперечные уклоны, %	Продольный профиль		
			Протяженность, м	Уклон, %	Радиус, м
2+000 км	9,4	27	236	0	5085
25+300 км	8,1	23	15	2	5158
46+500 км	9,5	46	27	20	-3432

Интегрирование автоматизированной интеллектуальной системы, включающей метеорологический и геотехнический мониторинг автомобильных дорог в сложных природно-климатических условий позволит своевременно уведомлять службы дорожного хозяйства о метеорологической обстановке и состоянии поверхности дорожного покрытия автомобильной дороги, регистрировать и прогнозировать технические изменения в слоях дорожных одежд.

На основании результатов исследований и прогнозирования, разрабатывать рекомендации по устранению деструктивных процессов и минимизации их воздействия на грунты основания и конструкцию автомобильной дороги.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В работе представлена методика формирования единой автоматизированной системы метеорологического и геотехнического мониторинга автомобильных дорог в сложных природно-климатических условиях Сибири и Крайнего Севера. В ходе работы были проведены комплексные теоретические исследования формирования и интегрирования интеллектуальных транспортных систем на дорогах в неблагоприятных природно-климатических условиях. Обозначены следующие результаты:

1. Теоретические исследования и рекомендации по улучшению качества диагностики автомобильных дорог в сложных природно-климатических условиях.
2. Теоретические исследования по совершенствованию транспортно-эксплуатационных показателей автомобильных дорог за счет интегрирования автоматизированного интеллектуального оборудования.
3. Организация банка данных, формирования базы данных и способы формирования, получения и обработки данных. Организация центра обработки данных и дифференциация информации диспетчером.
4. Методика формирования локального проекта единой системы,ключающего в себя техническое оборудование с интеллектуальной составляющей и информационные возможности.

СПИСОК СОКРАЩЕНИЙ

АДМС – автоматические дорожные метеорологические станции;
АЗС – автомобильная заправочная станция;
АИИС – автоматизированные информационно-измерительные системы;
АСВГК – автоматизированные системы весового и габаритного контроля;
АСУ – автоматизированные системы управления;
АСУДД – автоматизированные системы управления дорожным движением;
БД – база данных;
БнД – банк данных;
ГАИ – Государственная автомобильная инспекция;
ГОСТ – Государственный стандарт;
ДТП – дорожно-транспортное происшествие;
ДУТ – дистанционно-управляемое табло;
ЗПИ – знак переменной информации;
ИРАМ – Институт Радарной Метеорологии;
ИТС – интеллектуальные транспортные системы;
КГКУ «Крудор» - Краевое Государственное Казенное Учреждение «Управление автомобильных дорог по Красноярскому краю»;
НТВМГ – низкотемпературные вечномерзлые грунты;
ОДМ – отраслевой дорожный методический документ;
ПДД – правила дорожного движения;
ПК – персональный компьютер;
ПО – программное обеспечение;
ПНСТ – предварительный национальный стандарт;
ППВК – передвижные посты весового контроля;
ПП – прикладные программы;
РФ – Российская Федерация;
СВГК – система весового и габаритного контроля;
СДМО – системы дорожного метеорологического обеспечения;
СП – свод правил;
СУБД – система управления базой данных;
США – Соединенные Штаты Америки;
ТТС – телематические транспортные системы;
ТПИ – табло переменной информации;
ТС – транспортное средство;
ЦОД – центр обработки данных.
ABS – acrylonitrile butadiene styrene;
EDGE – Enhanced Data-Rates For GSM Evolution;
GPRS – General Packet Radio Service;
GPS – Global Positioning System;
ISO – International Organization for Standardization;
IT – Information Technology;

JPEG – Joint Photographic Experts Group;

LTE – Long-Term Evolution;

SQL – Structured Query Language;

USB – Universal Serial Bus;

VPN – Virtual Private Network;

Wi-Fi – Wireless Fidelity.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Об утверждении Транспортной стратегии Российской Федерации на период до 2030 года (с изменениями на 12 мая 2018 года). Правительство Российской Федерации. Распоряжение от 22 ноября 2008 года N 1734-р. [Электронный ресурс] – Москва: Стандартинформ, 2008. // Профессиональные справочные системы «Техэксперт». - URL: <http://www.cntd.ru>.
2. ГОСТ Р 56829-2015 «Интеллектуальные транспортные системы. Термины и определения». [Электронный ресурс] – Введ. 01.06.2016. – Москва: Стандартинформ, 2016. // Профессиональные справочные системы «Техэксперт». - Режим доступа: <http://www.cntd.ru>.
3. Евстигнеев И.А. Интеллектуальные транспортные системы на автомобильных дорогах федерального значения России. / И.А. Евстигнеев – М.: Изд-во «Перо», 2015. – 164 с.
4. ГОСТ Р ИСО 14813-1-2011 «Интеллектуальные транспортные системы. Схема построения архитектуры интеллектуальных транспортных систем. Часть 1. Сервисные домены в области интеллектуальных транспортных систем, сервисные группы и сервисы». [Электронный ресурс] – Введ. 01.03.2012. – Москва: Стандартинформ, 2012. // Профессиональные справочные системы «Техэксперт». - Режим доступа: <http://www.cntd.ru>.
5. ГОСТ Р 56294-2014 «Интеллектуальные транспортные системы. Требования к функциональной и физической архитектурам интеллектуальных транспортных систем». [Электронный ресурс] – Введ. 01.07.2015. – Москва: Стандартинформ, 2015. // Профессиональные справочные системы «Техэксперт». - Режим доступа: <http://www.cntd.ru>.
6. ВСН 137-89 (Минтрансстрой СССР) «Проектирование, строительство и содержание зимних автомобильных дорог в условиях Сибири и Северо-Востока СССР». [Электронный ресурс] – Москва: Стандартинформ, 1990. // Профессиональные справочные системы «Техэксперт». - URL: <http://www.cntd.ru>.
7. ОДМ 218.8.001-2009 Методические рекомендации по специализированному гидрометеорологическому обеспечению дорожного хозяйства. / Федеральное дорожное агентство (Росавтодор) – Москва. - 2010.
8. Воскян К.Л. Автоматические метеорологические станции: в 2 т. / К.Л. Воскян, А.Д. Кузнецов, О.С. Сероухова – Ч.1. Тактико-технические характеристики: учебное пособие. – СПб: РГГМУ, 2016.- 170 с.
9. Российский архив государственных стандартов. [Электронный ресурс]: Федеральное дорожное агентство Министерства транспорта Российской Федерации «Обзорная информация. Погодный мониторинг в системе оперативного управления зимним содержанием автомобильных дорог». – 2006. – Режим доступа: <https://rags.ru/>.
10. Институт радарной метеорологии. [Электронный ресурс]: АИИС «МетеоТрасса». – 2014. – Режим доступа: http://iram.ru/iram/all_main.php.

11. ГОСТ Р 56351-2015 «Интеллектуальные транспортные системы. Косвенное управление транспортными потоками. Требования к технологии информирования участников дорожного движения посредством динамических информационных табло». [Электронный ресурс] – Москва: Стандартинформ, 2015. // Профессиональные справочные системы «Техэксперт». - URL: <http://www.cntd.ru>.

12. Весовое оборудование ТМЦ-Снаб [Электронный ресурс]: Передвижной пункт весового контроля. – Электронный ресурс. – Красноярск, 2013. – Режим доступа: <http://krasnoyarsk.tmcnab.ru/>.

13. Передвижной измерительный комплекс с видеофиксацией «КОРДОН-М». – Электронный ресурс. – Санкт-Петербург, 2017. – Режим доступа: http://www.simicon.ru/rus/product/gun/cordon_m2_p.html.

14. Электронные автомобильные весы ТЕНЗО-М [Электронный ресурс]: Системы весового и габаритного контроля. – Электронный ресурс. – Москва, 2018. – Режим доступа: <https://www.tenso-m.ru>.

15. Комплексы видеофиксации нарушений ПДД [Электронный ресурс]: Многоцелевые комплексы автоматической фотофиксации нарушений правил дорожного движения «СКАТ-С». – Электронный ресурс. – Санкт-Петербург, 2018. – Режим доступа: <http://www.olvia.ru>.

16. Официальный сайт производителя радар-детекторов Pilot [Электронный ресурс]: Виды радарных комплексов, технические характеристики, особенности. – Электронный ресурс. – Москва. – Режим доступа: <http://radartech.ru>.

17. Контроль дорожного движения POLISKAN. – Электронный ресурс. – Германия, 2018. – Режим доступа: <https://www.vitronic.com.ru>.

18. СТО 36554501-009-2007: «Обеспечение сохранности подземных водонесущих коммуникаций при строительстве (реконструкции) подземных и заглубленных объектов». [Электронный ресурс] – Москва: Стандартинформ, 2007. // Профессиональные справочные системы «Техэксперт». - URL: <http://www.cntd.ru>.

19. ОДМ 218.2.091-2017 «Геотехнический мониторинг сооружений инженерной защиты автомобильных дорог». [Электронный ресурс] – Москва: Стандартинформ, 2017. // Профессиональные справочные системы «Техэксперт». - URL: <http://www.cntd.ru>.

20. ОДМ 218.9.015-2016 «Рекомендации по организации автоматизированного мониторинга состояния искусственных сооружений автомобильных дорог в составе интеллектуальных транспортных систем». [Электронный ресурс] – Москва: Стандартинформ, 2016. // Профессиональные справочные системы «Техэксперт». - URL: <http://www.cntd.ru>.

21. ПНСТ 261-2018 «Интеллектуальные транспортные системы. Автоматизированный мониторинг искусственных сооружений автомобильных дорог и оползнеопасных геомассивов». Общие положения. [Электронный ресурс] – Москва: Стандартинформ, 2018. // Профессиональные справочные системы «Техэксперт». - URL: <http://www.cntd.ru>.

22. ГОСТ Р 7.0.97-2016 "Система стандартов по информации, библиотечному и издательскому делу. Организационно-распорядительная документация. Требования к оформлению документов". [Электронный ресурс] – Москва: Стандартинформ, 2016. // Профессиональные справочные системы «Техэксперт». - URL: <http://www.cntd.ru>.
23. В.Л. Римский «Современные информационные технологии». – учебное пособие. – Москва: МПСИ, 2010.
24. СП 34.13330.2012 "СНиП 2.05.02-85*. Автомобильные дороги". Актуализированная редакция СНиП 2.05.02-85* (утв. приказом Министерства регионального развития РФ от 30 июня 2012 г. N 266) (с изменениями и дополнениями). [Электронный ресурс] – Москва: Стандартинформ, 2012. // Профессиональные справочные системы «Техэксперт». - URL: <http://www.cntd.ru>.
25. СП 131.13330.2012 Строительная климатология. Актуализированная редакция СНиП 23-01-99* (с Изменениями N 1, 2). [Электронный ресурс] – Москва: Стандартинформ, 2013. // Профессиональные справочные системы «Техэксперт». - URL: <http://www.cntd.ru>.
26. ОДМ. Руководство по борьбе с зимней скользкостью на автомобильных дорогах. Министерство транспорта России (Минтранс России). / Москва, 2003. [Электронный ресурс] – Москва: Стандартинформ, 2003. // Профессиональные справочные системы «Техэксперт». - URL: <http://www.cntd.ru>.
27. ОДМ 218.8.001-2009 Методические рекомендации по специализированному гидрометеорологическому обеспечению дорожного хозяйства. Федеральное дорожное агентство (РОСАВТОДОР). / Москва, 2009. [Электронный ресурс] – Москва: Стандартинформ, 2009. // Профессиональные справочные системы «Техэксперт». - URL: <http://www.cntd.ru>.
28. Метеорологическое оборудование Vaisala. – Электронный ресурс. – Финляндия, 2020. – Режим доступа: <https://www.vaisala.com/ru/lp>.
29. Анализатор состояния поверхности дорог и взлетно-посадочных полос ROSA, DM32. Vaisala. Руководство пользователя. – Финляндия, 2006. – 230 с.
30. СП 305.1325800.2017 Здания и сооружения. Правила проведения геотехнического мониторинга при строительстве. [Электронный ресурс] – Москва: Стандартинформ, 2018. // Профессиональные справочные системы «Техэксперт». - URL: <http://www.cntd.ru>.
31. ОДМ 218.2.001-2009. "Рекомендации по проектированию и строительству водопропускных сооружений из металлических гофрированных структур на автомобильных дорогах общего пользования с учетом региональных условий (дорожно-климатических зон)". Федеральное дорожное агентство (РОСАВТОДОР). / Москва, 2009. [Электронный ресурс] – Москва: Стандартинформ, 2009. // Профессиональные справочные системы «Техэксперт». - URL: <http://www.cntd.ru>.

32. СП 445.1325800.2018 Водопропускные трубы и системы водоотвода в районах вечной мерзлоты. Правила проектирования. [Электронный ресурс] – Москва: Стандартинформ, 2019. // Профессиональные справочные системы «Техэксперт». - URL: <http://www.cntd.ru>.

33. ОДМ. Методические рекомендации по применению металлических труб большого диаметра в условиях наледеобразования и многолетнемерзлых грунтов (для опытно-экспериментального строительства). [Электронный ресурс] – Москва: Стандартинформ, 2003. // Профессиональные справочные системы «Техэксперт». - URL: <http://www.cntd.ru>.

34. Постановление Правительства РФ от 09.09.2016 N 893 (ред. от 25.09.2018) "О порядке взаимодействия органов исполнительной власти и организаций при формировании и использовании сайта в информационно-телекоммуникационной сети "Интернет", содержащего информацию о ситуации на автомобильных дорогах федерального, регионального и муниципального значения" (вместе с "Правилами взаимодействия органов исполнительной власти и организаций при формировании и использовании сайта в информационно-телекоммуникационной сети "Интернет", содержащего информацию о ситуации на автомобильных дорогах федерального, регионального и муниципального значения"). [Электронный ресурс] – Москва, 2018. // Надежная правовая поддержка «КонсультантПлюс». - URL: <http://www.consultant.ru/>.

35. Merion Networks. Информационные технологии и телекоммуникация. [Электронный ресурс] – Москва, 2020. // URL: <https://merionet.ru>/.

36. Альянс совместимости беспроводного оборудования WECA (Wireless Ethernet Compatibility Alliance или другими словами Wi-Fi Alliance). [Электронный ресурс] – США, 2020. // URL: <https://www.wi-fi.org>/.

37. Bluetooth®. Bluetooth Technology. [Электронный ресурс] – США, 2020. // URL: <https://www.bluetooth.com>/.

38. SAT-MEDIA.NET. Все о цифровом спутниковом телевидение и интернет. [Электронный ресурс] – Варшава, 2020. // URL: <http://sat-media.net>/.

39. Попов, В. И. Основы сотовой связи стандарта GSM. / В. И. Попов. М.: ЭкоТрендз, 2005. — 296 с.

40. Лекции электронного курса «Базы данных и системы управления базами данных». Астраханский государственный университет. Учебный центр. [Электронный ресурс] – Астрахань, 2020. // URL: <http://ido.aspu.ru/COURSES/course10/mods/60/LEK21.htm>.

41. Аллен Тейлор. SQL для чайников, 8-е издание. SQL For Dummies, 8th edition. — М.: «Диалектика», 2014. — 416 с.

42. ГОСТ Р ИСО/МЭК 30134-1-2018 Информационные технологии (ИТ). Центры обработки данных. Ключевые показатели эффективности. Часть 1. Основные положения и общие требования. ". [Электронный ресурс] – Москва: Стандартинформ, 2019. // Профессиональные справочные системы «Техэксперт». - URL: <http://www.cntd.ru>.

43. ТТК. Установка автоматической метеостанции на автомобильной дороге общего пользования. [Электронный ресурс] – Москва: Стандартинформ, 2019. // Профессиональные справочные системы «Техэксперт». - URL: <http://www.cntd.ru>.

44. Новинки и проблемы связи 4G, 3G Wimax. Интернет-помощник мобильного интернета. [Электронный ресурс] – Ростов-на-Дону, 2020. // URL: <https://4g-faq.ru/>.

45. Геоинформационные системы для бизнеса и общества. Оборудование / Веб-сайт ООО «Геодата Плюс». [Электронный ресурс] URL: <https://www.dataplus.ru/>.

ПРИЛОЖЕНИЕ А

УДК 629.072:004.896

О.Д. Балабаева

Магистрант, Сибирский федеральный университет, Россия, Красноярск

Научный руководитель – кандидат технических наук, доцент **В.В. Серватинский**

Сибирский федеральный университет, Россия, Красноярск

ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫЕ ТРАНСПОРТНЫЕ СИСТЕМЫ НА АВТОМОБИЛЬНЫХ ДОРОГАХ В СЛОЖНЫХ ПРИРОДНО-КЛИМАТИЧЕСКИХ УСЛОВИЯХ СИБИРИ И КРАЙНЕГО СЕВЕРА

Освоение территорий Сибири и Крайнего Севера несет в себе огромное стратегическое значение для России, так как данные территории таят в себе уникальные месторождения полезных ископаемых. Огромные производительные силы направлены на освоение этих территорий, но своеобразие природных комплексов, малоизученность многолетнемерзлых пород и подземных льдов во многом усложняет и затрудняет строительство автомобильных дорог. Практически нет ни одной действующей автомобильной дороги, которая бы, при сложных природно-климатических условиях, продолжала в процессе эксплуатации сохранять свои нормативные показатели. Со временем эти автомобильные дороги деформируются и разрушаются, причем процессы приобретают не затухающее значение и все больше распространяются. Постройка автомобильной дороги вносит большие изменения в температурные гидрогеологические условия многолетнемерзлых грунтов, и влияние этих изменений необходимо постоянно контролировать в течении всего периода эксплуатации, выполняя соответствующие мероприятия по содержанию и текущему ремонту [1].

В настоящее время технический мониторинг на таких автомобильных дорогах практически не осуществляется, а если и производится, то на основании отраслевого дорожного методического документа [2] и методических рекомендаций без применения современных технологий.

Интегрирование такого нового направления в информационной науке, как интеллектуальные транспортные системы (ИТС), на автомобильных дорогах в условиях многолетнемерзлых грунтов, окажется большим подспорьем в повышении эффективности дорожно-транспортного процесса.

Интеллектуальные транспортные системы – это системное интегрирование современных информационных и коммуникационных технологий в транспортную инфраструктуру с целью повышения безопасности и качества дорожного и транспортного регулирования [3]. Это сложный

информационный комплекс подсистем, включающий в себя сбор, передачу, обработку и бессрочное хранение информации о дорожно-транспортной ситуации [4].

Интеллектуальные транспортные системы – это огромная платформа информационных возможностей. Это системный комплекс, объединяющий в себе функции, сервисы, домены, подсистемы, потоки информации и данных, вовлеченные в единую систему [5].

Из-за специфических свойств грунтов в основании насыпи автомобильных дорог, важным моментом является постоянное отслеживание и информирование об изменениях грунтовых процессов сезонного промерзания и оттаивания, наблюдения за осадкой, температурных колебаний, состояния дорожного покрытия, с учетом метеорологических условий.

Для получения оперативной информации о метеорологических изменениях, на автомобильных дорогах внедряются автоматизированные дорожные метеорологические станции (АДМС). Такие станции имеют диспетчерское регулирование и координирование с выводом необходимой информации, для безопасного движения транспортных средств и участников дорожного движения, на знаки и табло переменной информации (ТПИ и ЗПИ).

Данные зафиксированные системами дорожного метеорологического обеспечения (СДМО) передаются, обрабатываются и хранятся в сервисной базе данных. Накопленная информация позволяет анализировать и делать необходимые выводы по эксплуатации автомобильной дороги. АДМС представляют собой комплекс датчиков, реагирующих на метеорологические изменения, камеры видеонаблюдения, необходимой для визуальной оценки автомобильной дороги, и программного обеспечения с соответствующим интерфейсом, что в совокупности составляет единую информационную систему, позволяющую контролировать возможные изменения на эксплуатируемой автомобильной дороге.

Но использование только одних АДМС не дает полной информационной картины о состоянии автомобильной дороги. Главным образом, существует необходимость в прогнозировании возможных геотехнических деформационных изменений и сборе аналитических данных. Существующее визуальное и инструментальное обследование не предоставляет возможности полноценно оценить техническое состояние автомобильной дороги на перспективные деформационные разрушения, для этого необходимо постоянное наблюдение и статистический анализ данных, которые сможет позволить только применение автоматизированных систем геотехнического мониторинга.

Для того, чтобы организовать, в составе ИТС, интегрирование аппаратно-программного комплекса, включающего в себя мониторинг метеорологических и технических изменений, происходящих на автомобильной дороге, необходимо прорабатывать методику и разрабатывать национальные стандарты по контролю за технико-эксплуатационными показателями, и в этом нам поможет реализация автоматизированного геотехнического мониторинга.

Система автоматизированного геотехнического мониторинга представляет собой непрерывные измерения и расчет ряда контролируемых параметров с момента возведения дорожной конструкции и в течении срока ее эксплуатации [6]. Это позволяет в любой момент времени получить информацию о состоянии автомобильной дороги. Автоматизированные системы геотехнического мониторинга являются информационно-измерительной системой датчиков, встраиваемых в дорожное полотно, данные с которых передаются и обрабатываются на центральном сервере и необходимая запрограммированная информация выдается оператору, где далее происходит информирование пользователей транспортной системы [7].

Измерительные системы, в составе автоматизированного геотехнического мониторинга, позволяют фиксировать следующие грунтовые изменения:

- гидрологических условий, включая поверхностный сток, уровень грунтовых вод, техногенные водоемы и заболачивание при нарушении естественного режима грунтов (тензодатчики, гидрометрические скважины);
- неравномерные деформации в грунтах оснований, в деятельном слое (инклинометры, датчики напряжений (мессодозы, тензодатчики), измерители осадки, экстенсометры для измерения горизонтальных и вертикальных смещений);
- температурного режима грунтов оснований, приводящих к образованию линзовой мерзлоты и формированию многолетней мерзлоты в техногенных грунтах (тепловизоры, термокосы, электрические термометры);
- влияние на объект исследования вибрационного движения природного и техногенного характера (сейсмодатчики, датчики контроля отклонения и движения).

Единая автоматизированная система позволяет моделировать различные ситуации, исходя из запросов на заданный интервал времени. Будь то представление о текущем технико-эксплуатационном состоянии автомобильной дороги, до уведомления о прогнозируемых деформационных изменениях.

Такой аппаратно-программный комплекс по мониторингу транспортно-эксплуатационному и техническому состоянию автомобильных дорог, который включает в себя интегрирование АДМС и автоматизированный геотехнический мониторинг, возможен к реализации в настоящий момент времени. Проработка нормативно-методической базы, национальных стандартов и должное финансирование позволит реализовывать проекты на стратегически значимых дорогах федерального и муниципального значения.

Формирование автоматизированных систем в составе ИТС на автомобильных дорогах в сложных природно-климатических условиях позволит решить многие стратегические задачи: оптимизировать транспортный процесс, обеспечить бесперебойность и безопасность дорожного движения, а также осуществлять технический мониторинг транспортно-эксплуатационного состояния. Увязывая перечисленные функциональные возможности с сервисными услугами, необходимыми для информирования участников

движения, получается единая системная автоматизированная структура по управлению транспортно-дорожным комплексом.

Список литературы

1. ВСН 137-89 (Минтрансстрой СССР) «Проектирование, строительство и содержание зимних автомобильных дорог в условиях Сибири и Северо-Востока СССР». [Электронный ресурс] – Москва: Стандартинформ, 1990. // Профессиональные справочные системы «Техэксперт». - URL: <http://www.cntd.ru>.
2. ОДМ 218.9.015-2016 «Рекомендации по организации автоматизированного мониторинга состояния искусственных сооружений автомобильных дорог в составе интеллектуальных транспортных систем». [Электронный ресурс] – Москва: Стандартинформ, 2016. // Профессиональные справочные системы «Техэксперт». - URL: <http://www.cntd.ru>.
3. ГОСТ Р 56829-2015 «Интеллектуальные транспортные системы. Термины и определения». [Электронный ресурс] – Введ. 01.06.2016. – Москва: Стандартинформ, 2016. // Профессиональные справочные системы «Техэксперт». - URL: <http://www.cntd.ru>.
4. ГОСТ Р ИСО 14813-1-2011 «Интеллектуальные транспортные системы. Схема построения архитектуры интеллектуальных транспортных систем. Часть 1. Сервисные домены в области интеллектуальных транспортных систем, сервисные группы и сервисы». [Электронный ресурс] – Введ. 01.03.2012. – Москва: Стандартинформ, 2012. // Профессиональные справочные системы «Техэксперт». - URL: <http://www.cntd.ru>.
5. ГОСТ Р 56294-2014 «Интеллектуальные транспортные системы. Требования к функциональной и физической архитектурам интеллектуальных транспортных систем». [Электронный ресурс] – Введ. 01.07.2015. – Москва: Стандартинформ, 2015. // Профессиональные справочные системы «Техэксперт». - URL: <http://www.cntd.ru>.
6. ОДМ 218.2.091-2017 «Геотехнический мониторинг сооружений инженерной защиты автомобильных дорог». [Электронный ресурс] – Москва: Стандартинформ, 2017. // Профессиональные справочные системы «Техэксперт». - URL: <http://www.cntd.ru>.
7. ПНСТ 261-2018 «Интеллектуальные транспортные системы. Автоматизированный мониторинг искусственных сооружений автомобильных дорог и оползнеопасных геомассивов». Общие положения. [Электронный ресурс] – Москва: Стандартинформ, 2018. // Профессиональные справочные системы «Техэксперт». - URL: <http://www.cntd.ru>.

ПРИЛОЖЕНИЕ Б

УДК 656.051:004

ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫЕ ТРАНСПОРТНЫЕ СИСТЕМЫ, КАК СПОСОБ СОХРАНЕНИЯ НАДЕЖНОСТИ АВТОМОБИЛЬНОЙ ДОРОГИ

Серватинский В.В.¹, Балабаева О.Д.²

¹кандидат технических наук, доцент, член-корреспондент РАН. Сибирский федеральный университет, Инженерно-строительный институт, Российская Федерация, 660041, г. Красноярск, Проспект Свободный, 82 ст.1. т. +79135511086 vservatinsky@list.ru.

²студент-магистрант. Сибирский федеральный университет, Инженерно-строительный институт, Российская Федерация, 660041, г. Красноярск, Проспект Свободный, 82 ст.1. т. +79029911324 olga666.26@mail.ru.

Аннотация

В данной работе предлагаются методы формирования интеллектуальных транспортных систем, как способов сохранения надежности автомобильных дорог. В качестве ведущей системы выбраны автоматизированные комплексы по контролю за метеорологическими и эксплуатационно-техническими показателями на автомобильных дорогах. Рассмотрены принципы работы автоматизированных дорожных метеорологических станций, геотехнического мониторинга и систем весового и габаритного контроля, а также, возможность их реализации в настоящее время.

Ключевые слова: надежность, интеллектуальные транспортные системы, кооперативное регулирование, автоматизированные системы, метеорологические станции, геотехнический мониторинг, системы весового и габаритного контроля.

Стремительный рост городов и автомобильного парка России ставит перед собой проблему повышения качества жизни в мегаполисах и аграрных районах. Развитая транспортно-дорожная сеть является одним из ключевых факторов, влияющих на экономические производственные возможности страны, так как обеспечивает мобильность населения, импорт и экспорт, как продовольствия, так и материальных (природных) ресурсов.

Для обеспечения бесперебойной работы транспортно-дорожного комплекса в течение заданного срока службы, важным является сохранение работоспособности автомобильных дорог, а то есть надежности.

Надежность автомобильной дороги характеризует себя, как вероятностная способность сохранять и обеспечивать среднегодовую скорость транспортного потока близкую к оптимальной, и допустимый уровень обслуживания транспортного движения в течение нормативного срока службы дорожных одежд.

Цифровизация современного общества не стоит на месте, развитие цифровой информации идет во всех сферах, в том числе, и в транспортно-дорожной отрасли. Наиболее актуальным решением проблем сохранения надежности автомобильных дорог является активное интегрирование интеллектуальных транспортных систем (ИТС).

Интеллектуальные транспортные системы представляют собой сложный комплекс подсистем, направленных на внедрение современных технологий информации и коммуникации в транспортную инфраструктуру с целью повышения безопасности и качества дорожного и транспортного регулирования [1]. Системы позволяют обеспечивать сбор, обработку и хранение требуемой информации, с целью комплексного анализа существующей и прогнозируемой ситуации по эксплуатации автомобильных дорог [2].

Разновидность применения интеллектуальных транспортных систем варьируется от средств транспортной телематики, таких программно-аппаратных комплексов, как системы спутникового мониторинга (GPS, GLONASS), до непосредственного внедрения средств интеллектуального обеспечения на самой автомобильной дороге, такие системы, как весовой габаритный контроль, дорожные метеорологические станции и так далее [3].

В современной России личный транспорт стал легкодоступным, большинство семей имеет в своем распоряжение от одного автомобиля и более, с каждым годом с ростом населения растет и количество транспортных средств, в то время как расчетный срок службы уже действующей автомобильной дороги запроектирован, исходя из существующих, на тот момент, данных об интенсивности движения, на основании технико-экономического расчета по реализующемуся объему грузовых и пассажирский перевозок в год. В связи с этим идет активное рассмотрение и применение подсистем интеллектуального обеспечения, отвечающих за кооперативное, директивное и косвенной управление транспортно-дорожным комплексом на автоматизированном контроле. То есть разрабатываются системы, как повсеместного, так и локального применения, отвечающие за контроль дорожно-транспортной ситуации в режиме реального времени с выявлением потенциальных рисков, моделированием ситуации и с возможностью вывода необходимой своевременной информации для участников дорожного движения на средства транспортной телематики, либо периферийное оборудование (табло и знаки переменной информации), установленное на автомобильной дороге.

В связи с ростом интенсивности движения транспортных средств, проблема надежности и вероятность отказа дорожных одежд автомобильных дорог, а именно изменение прочностного состояния раньше расчетного срока службы, с каждым годом становится актуальнее. Отказ проявляется в ухудшении ровности и увеличении колейности дорожного полотна, а также снижении сцепных качеств, что делает движение транспортных средств по такой автомобильной дороге небезопасным.

Для повышения эффективности транспортного процесса и снижения возрастающей нагрузки на дорожную конструкцию, применяются следующие сервисные домены в составе ИТС:

- системы весового и габаритного контроля (СВГК);
- автоматизированные дорожные метеорологические станции (АДМС);
- видеонаблюдение за автомобильной дорогой;
- фото- и видеофиксация нарушений правил дорожного движения (ПДД);
- автоматизированные электронные системы взимания дорожных сборов с водителей транспортных средств на платных автомобильных дорогах;
- выявление инцидентов дорожно-транспортных происшествий в режиме реального времени;
- навигационно-информационное обеспечение участников дорожного движения;
- предоставление услуг сервиса пользователям транспортной системы на бесплатной и платной основе.

Помимо распространенных доменов, упомянутых выше, необходима система автоматизированного геотехнического мониторинга автомобильных дорог [5], позволяющего моделировать ситуацию не только с натурных наблюдений, но и с учетом деформационных изменений грунтов основания дорожной конструкции.

Сохранение надежности автомобильной дороги в нормативном состоянии осуществляется при своевременном выполнении средних работ по содержанию, которые оттягивают нижний предельно допустимый уровень надежности, приводящий к отказу и необходимости в капитальном ремонте. Чаще всего, для анализа дорожной ситуации на краевых и федеральных трассах применяются следующие методы контроля:

- автоматизированные дорожные метеорологические станции;
- весовой и габаритный контроль;
- геотехнический визуальный и инструментальный мониторинг автомобильных дорог [4].

Безусловно, существующие методы контроля позволяют регулировать текущее транспортно-эксплуатационное состояние автомобильных дорог, хотя работы и ведутся систематически, но через определенные периоды времени. Соответственно, от момента диагностики, принятия проектных решений с назначением работ по ремонту и содержанию до реализации проекта, проходит значительное время, за которое автомобильная дорога принимает новые деформационные изменения. Проанализировав сложившуюся ситуацию, мы пришли к выводу, что необходимо формирование единой системы постоянного автоматизированного контроля технического состояния автомобильных дорог.

С целью повышения качества обслуживания автомобильных дорог, нами предлагается следующий комплекс по контролю за надежностью в рамках ИТС: автоматизированные дорожные метеорологические станции; автоматизированные системы весового и габаритного контроля (АСВГК); автоматизированный геотехнический мониторинг.

Для получения оперативной информации о метеорологических изменениях, на автомобильных дорогах внедряются автоматизированные дорожные метеорологические станции (АДМС). Такие станции имеют диспетчерское регулирование и координирование с выводом необходимой информации, для безопасного движения транспортных средств и участников дорожного движения, на знаки и табло переменной информации (ТПИ и ЗПИ).

Данные зафиксированные системами дорожного метеорологического обеспечения (СДМО) передаются, обрабатываются и хранятся в сервисной базе данных. Накопленная информация позволяет анализировать и делать необходимые выводы по эксплуатации автомобильной дороги. АДМС представляют собой комплекс датчиков, реагирующих на метеорологические изменения, камеры видеонаблюдения, необходимой для визуальной оценки автомобильной дороги, и программного обеспечения с соответствующим интерфейсом, что в совокупности составляет единую информационную систему, позволяющую контролировать возможные изменения на эксплуатируемой автомобильной дороге.

С целью отслеживания грузовых перевозок, на автомобильных дорогах устанавливаются системы весового и габаритного контроля. Существует два типа установок: передвижные и стационарные. Главными свойствами в составе ИТС обладают стационарные комплексы, так как выявление нарушений действующего законодательства в сфере перевозок крупногабаритных и/или тяжеловесных грузов производится автоматически, без участия постов государственной инспекции безопасного дорожного движения (ГИБДД) и патрулирования сотрудников дорожно-постовых служб (ДПС).

Автоматизированная система весового и габаритного контроля (ACBГК) взвешивает транспортные средства во время движения по автомобильной дороге и непосредственного прохождения под «рамкой» весового и габаритного контроля. Датчики измерения веса и габаритных параметров устанавливают на П-образную металлическую платформу («рамку») высотой не менее 6 метров, оснащенную дорожными весами и комплексами фото- и видеофиксации, которые выявляют и констатируют нарушителей. Взвешивание транспортных средств происходит как в динамике, так и в статике. Система представляет собой последовательную взаимосвязь пункта предварительного контроля, центра обработки данных, стационарного поста весового и габаритного контроля и системы спутниковой передачи данных. Данные автоматически передаются в центр обработки информации, где информационная система определяет превышение весовых и габаритных параметров и осуществляет контроль наличия и соответствия необходимых разрешительных документов, а также осуществляется контроль по наличию неоплаченных в установленные сроки штрафов и других нарушений.

Существующее визуальное и инструментальное обследование не предоставляет возможности полномерно оценить техническое состояние автомобильной дороги на перспективные деформационные разрушения, для этого необходимо постоянное наблюдение и статистический анализ данных,

которые сможет позволить только применение автоматизированных систем геотехнического мониторинга.

Система автоматизированного геотехнического мониторинга представляет собой непрерывные измерения и расчет ряда контролируемых параметров с момента возведения дорожной конструкции и в течении срока ее эксплуатации. Это позволяет в любой момент времени получить информацию о состоянии автомобильной дороги. Автоматизированные системы геотехнического мониторинга являются информационно-измерительной системой датчиков, встраиваемых в дорожное полотно, данные с которых передаются и обрабатываются на центральном сервере и необходимая запрограммированная информация выдается оператору, где далее происходит информирование пользователей транспортной системы [5].

Единая автоматизированная система, включающая в себя сбор информации о погодных условиях и состоянии дорожного покрытия, контроль большегрузных транспортных средств и непрерывный инструментальный технический мониторинг автомобильных дорог, способствует решению сразу нескольких задач:

- автоматизированный сбор информации в режиме реального времени в одну базу данных;
- автоматизированная обработка;
- координационная работа дорожно-транспортной ситуацией диспетчерским центром станет более оптимизированной, что позволит: своевременно информировать участников дорожного движения о ситуации на автомобильной дороге, рационализировать работы по ремонту и содержанию, контролировать нарушителей грузовых и крупногабаритных перевозок, путем взимания штрафов;
- моделирование различных ситуаций, как о текущем технико-эксплуатационном состоянии автомобильной дороги, так и уведомления о прогнозируемых деформационных изменениях.

Решение этих задач позволит предотвратить отказ дорожных одежд и сохранять надежность автомобильной дороги в пределах расчетного срока службы. Объединение этих систем представляется наиболее рациональным, так как все они взаимоувязываются между собой. Так, например, метеорологические условия влияют на ровность и сцепные качества покрытия, а перегруженные транспортные средства деформируют дорожное покрытие, и то и другое негативно сказывается на эксплуатационных свойствах дорожной конструкции и ухудшает надежность раньше расчетного срока службы, соответственно, применение геотехнического мониторинга позволяет своевременно диагностировать причиненный ущерб и назначать работы по ремонту и содержанию автомобильной дороги.

Такой аппаратно-программный комплекс по мониторингу транспортно-эксплуатационному и техническому состоянию автомобильных дорог, который включает в себя интегрирование АДМС, АСВГК и автоматизированный геотехнический мониторинг, возможен к реализации в настоящий момент

времени. Проработка нормативно-методической базы, национальных стандартов и должное финансирование позволит реализовывать проекты на стратегически значимых дорогах федерального и муниципального значения.

Бесперебойная работа транспортно-дорожного комплекса и безопасность дорожного движения – главные стратегические задачи по оптимизации транспортно-эксплуатационного состояния автомобильных дорог. Формирование автоматизированных систем в составе ИТС позволяет реализовать эти задачи в оптимальных объемах.

Библиографические ссылки

1. ГОСТ Р 56829-2015 «Интеллектуальные транспортные системы. Термины и определения». [Электронный ресурс] – Введ. 01.06.2016. – Москва: Стандартинформ, 2016. // Профессиональные справочные системы «Техэксперт». - URL: <http://www.cntd.ru>.
2. ГОСТ Р ИСО 14813-1-2011 «Интеллектуальные транспортные системы. Схема построения архитектуры интеллектуальных транспортных систем. Часть 1. Сервисные домены в области интеллектуальных транспортных систем, сервисные группы и сервисы». [Электронный ресурс] – Введ. 01.03.2012. – Москва: Стандартинформ, 2012. // Профессиональные справочные системы «Техэксперт». - URL: <http://www.cntd.ru>.
3. Евстигнеев И.А. Интеллектуальные транспортные системы на автомобильных дорогах федерального значения России. / И.А. Евстигнеев – М.: Изд-во «Перо», 2015. – 164с.
4. ОДМ 218.2.091-2017 «Геотехнический мониторинг сооружений инженерной защиты автомобильных дорог». [Электронный ресурс] – Москва: Стандартинформ, 2017. // Профессиональные справочные системы «Техэксперт». - URL: <http://www.cntd.ru>.
5. ПНСТ 261-2018 «Интеллектуальные транспортные системы. Автоматизированный мониторинг искусственных сооружений автомобильных дорог и оползнеопасных геомассивов». Общие положения. [Электронный ресурс] – Москва: Стандартинформ, 2018. // Профессиональные справочные системы «Техэксперт». - URL: <http://www.cntd.ru>.

© Серватинский В.В., Балабаева О.Д., 2019

Федеральное государственное автономное
образовательное учреждение
высшего образования
«СИБИРСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Инженерно-строительный
институт
Автомобильные дороги и городские сооружения
кафедра

УТВЕРЖДАЮ
Заведующий кафедрой

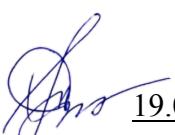

V.B. Серватинский
подпись инициалы, фамилия
«19» июня 2020 г.

МАГИСТЕРСКАЯ ДИССЕРТАЦИЯ

Формирование интеллектуальных транспортных систем в суровых
природно-климатических условиях Сибири
тема

08.04.01 Строительство
код и наименование направления

08.04.01.11 Проектирование, строительство и эксплуатация транспортных
сооружений в суровых природно-климатических условиях Сибири
код и наименование магистерской программы

Научный руководитель  19.06.2020 г. доцент, к.т.н. В.В. Серватинский
подпись, дата должность, уч. степень инициалы, фамилия

Выпускник  19.06.2020 г.
подпись, дата

О.Д. Балабаева
инициалы, фамилия

Красноярск 2020