

ТРАНСПОРТНАЯ АВТОМАТИЗАЦИЯ

УДК 656.13

ПОДСИСТЕМА МЕТЕОРОЛОГИЧЕСКОГО МОНИТОРИНГА В СОСТАВЕ ИТС

Жанказиев С. В., д. т. н., профессор, заведующий кафедрой, МАДИ, Москва, Россия,
E-mail: sultanv@mail.ru

Гаврилюк М. В., старший преподаватель, МАДИ, Москва, Россия,
E-mail: poligonmadi@gmail.com

Давидчук М. С., начальник отдела, АО «Минимакс-94», Москва, Россия,
E-mail: gip@mm94.ru

АННОТАЦИЯ

В настоящее время подсистемы метеомониторинга изучаются и исследуются как в РФ, так и в зарубежных странах. Активно идёт изучение возможностей взаимодействия подсистемами метеомониторинга не только с обычными автомобилями, но и с высокоавтоматизированными и беспилотными транспортными средствами. Решаются задачи повышения эффективности работы подсистем метеомониторинга как в составе ИТС, так и в целях содержания автомобильных дорог. В статье приведены обоснования требований, предъявляемых к подсистемам метеомониторинга в составе ИТС.

Ключевые слова: интеллектуальные транспортные системы, подсистема метеомониторинга, архитектура ИТС, сервисы ИТС, дорожные датчики.

METEOROLOGICAL MONITORING SUBSYSTEM AS PART OF ITS

Zhankaziev S. V., Doctor of Technical Sciences, Professor, Head of the Department, MADI, Moscow, Russia, E-mail:
sultanv@mail.ru

Gavrilyuk M. V., Senior Lecturer, MADI, Moscow, Russia,
E-mail: poligonmadi@gmail.com

Davidchuk M. S., Head of Department, Minimax-94 JSC, Moscow, Russia,
E-mail: gip@mm94.ru

ABSTRACT

Currently, the subsystem of meteorological monitoring is being studied and researched both in the Russian Federation and in foreign countries. The possibilities of interaction of the weather monitoring subsystem are being actively explored not only with conventional cars, but also with highly automated and unmanned vehicles. A lot of work is underway to identify best practices for determining the optimal performance of weather monitoring subsystems both as part of ITS and for the maintenance of highways. The article provides a justification for the requirements for weather monitoring subsystems as part of ITS.

Key words: intelligent transport systems, weather monitoring subsystem, ITS architecture, ITS services, road sensors

Введение

В настоящее время подсистема метеомониторинга (ПММ) применяется на автомобильных дорогах общего пользования как в составе ИТС, так и в качестве отдельной подсистемы. Последние 20 лет в России и последние 30-40 лет за рубежом идёт очень активное изучение тематики, связанной с метеомониторингом. Причём изучается метеомониторинг не только как раздел дорожной метеорологии, но и как подсистема ИТС с попытками понять её роль, задачи, назначение и место в архитектуре ИТС

Однако, несмотря на широкое применение как технического, так и информационного обеспечения ПММ, на территории РФ долгое время отсутствовали указания по технике и технологии применения подсистемы для конкретных ситуаций, требования к совместимости программного обеспечения, а также описание требований к структуре информационного обмена между ПММ и модулями ИТС. В частности, не были определены требования к минимальному/оптимальному набору датчиков, типам применяемых датчиков, используемым расчетным моделям, наборам выдаваемой информации и т.д. В 2024 году вступил в действие ГОСТ Р 71094-2024 «Интеллектуальные транспортные системы Подсистема метеомониторинга. Общие требования», который устанавливает требования к подсистеме метеомониторинга, как части интеллектуальной транспортной системы (ИТС).

1. Основные технические, функциональные и эксплуатационные характеристики ПММ и дорожных метеостанций

Наиболее полной нормативной базой в метеомониторинге на сегодня обладает Европейский Союз. США немного отстаёт в плане регламентирования метеомониторинга, как раздела дорожной метеорологии, однако, находится впереди с точки зрения описания работы ПММ в составе ИТС. Российская нормативная база в этом плане крайне скудная т.к. далеко не у многих участников рынка есть понимание роли и задач подсистемы, а также возможностей использования информации с неё [1].

Опыт развития, применения и эксплуатации подсистем метеомониторинга для всех стран очень различен. В одних странах уже сегодня имеется достаточно передовой опыт использования ПММ в том числе, как части ЦМДД, в некоторых странах – как одной из исполнительных систем ВАТС. Даже на территории Российской Федерации имеется абсолютно разный опыт внедрения и эксплуатации ПММ в зависимости от целей и задач.

На основе анализа зарубежного опыта, а также таких документов, как Распоряжение Минтранса №АК-74-р от 21.03.2022 г., ОДМ 218.8.001-2009, СТО АВТОДОР 8.7-2017, серии EN 15518 и Clarus: Final Draft Concept of Operations, сформирован перечень критериев, которые в дальнейшем были регламентированы в ГОСТ Р 71094-2024:

- требования к техническому обеспечению подсистемы;
- требования к функциональным характеристикам. Стандартизация функциональных характеристик необходима для того, чтобы четко определять круг входных данных, которые должна использовать ПММ в случае их наличия.
- требования к эксплуатационным характеристикам (эксплуатационные диапазоны температур, влажностей и атмосферных давлений, наработка на отказ, классы защиты оболочек). Стандартизация эксплуатационных характеристик необходима для того, чтобы соотнести предоставляемые ИТС сервисы со средствами сбора входных данных ПММ.
- требования к архитектуре. Стандартизация архитектуры ПММ необходима для создания масштабируемой модульной структуры подсистемы для реализации различных задач и предоставления различных сервисов ПММ [3].
- требования к алгоритмам сбора, консолидации и хранения данных. Стандартизация алгоритмов сбора, консолидации и хранения данных необходима для определения общих правил обработки информации внутри системы. >>>

— требования к интерфейсам взаимодействия. Стандартизация интерфейсов взаимодействия необходима для создания подсистем метеомониторинга ИТС, не завязанных на одном производителе периферийного оборудования.

2. Место подсистемы метеомониторинга в архитектуре ИТС

Определение места подсистемы мониторинга в архитектуре ИТС является важным этапом, обеспечивающим дальнейшую эффективную эксплуатацию подсистемы, и соответственно является одним из факторов, влияющих на качественную работу ИТС в целом.

Если рассматривать подсистему метеомониторинга, как один из сервисов ИТС, то можно выделить ряд сервисных доменов и сервисных групп¹, в которых данная подсистема реализует свои сервисные функции (Таблица 1).

Таблица 1

Место подсистемы метеомониторинга в сервисной архитектуре ИТС

№ п/п	Сервисный домен	Сервисная группа	Сервис, предоставляемый подсистемой
1	Информирование участников движения	Дотранспортное информирование	Предоставление данных об ожидаемых погодных условиях
2		Информирование в процессе передвижения	Предоставление данных о текущих условиях / предупреждение о наступлении неблагоприятных условий
3	Управление дорожным движением и действия по отношению к его участникам	Организация и управление дорожным движением	Предоставления данных о погодных условиях посредством табло переменной информации
4			Прогнозирование погоды на дорогах
5	Управление дорожным движением и действия по отношению к его участникам	Регулирование спроса на услуги транспортной системы	Предоставление информации в подсистему директивного управления ТП / косвенного управления ТП / подсистему информирования участников ДД с помощью ДИТ и ЗПИ
6			Прогнозирование погоды на дорогах в косвенного управления ТП / подсистему информирования участников ДД с помощью ДИТ и ЗПИ
7	Управление дорожным движением и действия по отношению к его участникам	Управление обслуживанием транспортной инфраструктуры	Координация управления состоянием дорог и диспетчерского управления транспортом служб содержания с целью эффективного управления строительно-ремонтными работами летом
8			Координация с сервисными группами обеспечения противогололедной обстановки, управления состоянием дорог и диспетчерского управления транспортом служб содержания с целью эффективного управления работами по содержанию зимой
9	Конструкция транспортных средств	Готовность составляющих безопасного движения	Мониторинг погодных условий и окружающей обстановки с помощью встроенных в ВАТС элементов для наполнения информацией ДЦКДД.
10	Мониторинг погодных условий и состояния окружающей среды	Мониторинг погодных условий	Управление информацией о погоде на дорогах
11			Прогнозирование погоды на дорогах
12			Мониторинг лавиноопасности

¹ 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»

Подсистема метеомониторинга обеспечивает сбор и анализ данных метеоусловий, необходимых для реализации сервисов. Например, для сервисного домена «конструкция транспортных средств» подсистема метеомониторинга служит как инструмент получения данных о метеоусловиях, необходимых для функционирования кооперативных ИТС и данных для динамической цифровой карты дорожного движения.

Перечень сервисов, приведённых в ГОСТ Р ИСО 14813-1-2011, не является исчерпывающим. Набор функций подсистемы метеомониторинга позволяет реализовывать ряд сервисов в сервисной группе «организация и управление дорожным движением» реализуя такие сервисы как динамическое ограничение скоростного режима, предоставление информации при реализации сервисов автоматизированного распыления реагента на дорожное полотно и т.д.

Подсистема метеомониторинга обеспечивает реализации функций сбора и анализа метеоданных. Функции, которые реализует ПММ, определяют ее место в функциональной архитектуре ИТС.

Как часть проекта ИТС подсистема на уровне интеграционной платформы метеомониторинга реализует функции, позволяющие оперировать метеоданными: хранить их, преобразовывать и передавать другим подсистемам. Данные функции необходимы для того, чтобы была возможна реализации функций следующих модулей, входящих в состав интеграционной платформы:

- модуль управления маршрутизированным транспортом;
- модуль управления состоянием дорог;
- модуль автоматизированной системы управления дорожным движением;
- модуль подключенных ВАТС и БПТС.

Основной функцией уровня инструментальной подсистемы является мониторинг погодных условий, обеспечивающий следующие процессы:

- сбор данных, характеризующих погодные условия;
- сбор данных о состоянии дорожного покрытия;
- анализ метеоданных;
- формирование прогнозов метеобстановки.

На уровне элементов и оборудования локального проекта ИТС (ЛП ИТС) подсистемой метеомониторинга обеспечивается реализация следующих функций:

- определение температуры воздуха;
- определение относительной влажности воздуха;
- определение атмосферного давления;
- определение типа осадков;
- определение количества осадков;
- определение направления ветра;
- определение концентрации дорожного реагента;
- определение скорости ветра;
- определение оптической видимости;
- определение температуры дороги;
- определение толщины слоя воды на поверхности дорожного полотна;
- определение толщины слоя снега на поверхности дорожного полотна;
- определение наличия льда на поверхности дорожного полотна.

В физической архитектуре подсистема метеомониторинга находится на уровне инструментальных подсистем ИТС.

Данные о текущих погодных условиях, собираемые подсистемой метеомониторинга, используются как для анализа потенциальных рисков возникновения нештатных **»»»**

ситуаций и формирования плана мероприятий по снижению рисков безопасности дорожного движения в долгосрочной перспективе, так и для предоставления данных отдельным модулям интеграционной платформы [9], таким как:

- модуль управления маршрутизированным транспортом;
- модуль управления состоянием дорог;
- модуль автоматизированной системы управления дорожным движением;
- модуль подключенных ВАТС и БПТС.

В модуле управления маршрутизированным транспортом подсистема метеомониторинга обеспечивает сбор данных, необходимых для работы подсистемы диспетчерского управления служб содержания дорог.

В модуле управления состоянием дорог подсистема может служить для определения ненормированных эксплуатационных условий дорожного полотна и инфраструктуры, обеспечивать принятия решений по распылению реагента подсистемой обеспечения противогололедной обстановки, борьбы со снежным накатом и др. [2, 6, 7]

В модуле автоматизированной системы управления дорожным движением подсистема метеомониторинга обеспечивает сбор данных для функционирования как косвенного, так и директивного управления. При косвенном управлении метеоданные, передаваемые подсистемой, необходимы для обеспечения информирования пользователей о неблагоприятных погодных условиях. В директивном управлении подсистема может применяться, например, при динамическом ограничении скорости в связи с неблагоприятными погодными условиями [4, 5].

В модуле подключенных ВАТС и БПТС данные метеомониторинга необходимы для обеспечения работы сервисов кооперативных ИТС, а также для предоставления данных динамической цифровой карте дорожного движения (ДЦКДД), в том числе для обеспечения работы ВАТС и БПТС.

Модуль подсистемы метеомониторинга, как часть интеграционной платформы, отвечает за выявление и прогнозирование триггерных нештатных событий, которые могут негативно повлиять на эффективность работы транспортной системы. Принятие решений при формировании сценария обеспечивается модулем управления формирования сценариями интеграционной платформе, в том числе на основе данных, поступающих из Росгидромета, что позволяет добиваться более точных прогнозов. Данный модуль направлен на обеспечение интеграции данных, поступающих от подсистемы метеомониторинга другим подсистемам ИТС, что позволяет обеспечивать выбор оптимального сценария их работы, при выявлении нештатных событий.

Предлагается архитектура подсистемы метеомониторинга, представленная на рис. 1.



Рис. 1 – Архитектура подсистемы метеомониторинга

3. Анализ оборудования, предлагаемого отечественными и иностранными производителями

Для анализа выбрано оборудование четырех российских и двух иностранных производителей периферийного оборудования и программного обеспечения:

- АО «Минимакс-94»,
- АО «Трасском»,
- ООО «ОКБ Бурстройпроект»,
- ООО «ИРАМ»,
- Boschung,
- Lufft.

Компания Lufft предоставляет различные решения для рынка подсистем метеомониторинга. В составе их датчиков есть контактные и бесконтактные датчики температуры и состояния дороги, датчики видимости и осадков, а также компактные метеостанции.

Компания Boschung предоставляет для рынка подсистем метеомониторинга контактные и бесконтактные датчики температуры и состояния дороги, датчики видимости и осадков, а также компактные метеостанции.

ООО «ОКБ Бурстройпроект» имеет в своем составе бесконтактные датчики температуры и состояния покрытия, компактный метеофункционал и датчик температуры и влажности грунта.

Компания АО «Трасском» предоставляет бесконтактный датчик температуры и состояния покрытия, компактный метеофункционал, датчик температуры грунта, датчик видимости, датчик осадков и датчик атмосферных параметров.

Компания ООО «ИРАМ» предоставляет оборудование, программное обеспечение и другие решения как для автомобильно-дорожной отрасли, так и для авиационной отрасли. Данная компания предоставляет как компактный метеофункционал, так и отдельные датчики, измеряющие температуру, относительную влажность воздуха, скорость и направление ветра (ультразвуковые и механические), также датчики, измеряющие атмосферное давление и датчики осадков. Также компания предоставляет контактные и бесконтактные датчики определения температуры и состояния поверхности дорожного полотна.

Компания АО «Минимакс-94» предоставляет контактные датчики температуры и состояния покрытия, датчики температуры и относительной влажности воздуха, датчик атмосферного давления, датчик осадков, датчики скорости и направления ветра, датчик видимости, датчик температуры и влажности грунта.

Компании ООО «ОКБ Бурстройпроект», АО «Минимакс-94» и АО «Трасском» имеют свое собственное специализированное программное обеспечение. Компания Lufft не имеет собственного специализированного программного обеспечения.

Все датчики отечественных производителей соответствуют требованиям постановления Правительства РФ.

Что касается измерения толщины отложений на поверхности дороги, то, поскольку данные показатели не нормированы, следует обратиться к зарубежному опыту. Поскольку толщина снега в ЕС измеряется в диапазоне от 0 до 0,5 м с погрешностью 2 см (требования EN), такую толщину измерений невозможно обеспечить только бесконтактным датчиком дороги. В связи с чем производители бесконтактных датчиков (Vaisala, Lufft, Boschung) либо ограничивают данный показатель 10 см, либо просто в датчиках такой функционал отсутствует. Требованиями Правительства РФ предъявляется требование по измерению толщины слоя снега от 0 до 1 м с погрешностью 1 см, эти требования также невозможно обеспечить бесконтактными датчиками дороги. В связи с чем, в ГОСТ будет сделана оговорка, что любой параметр может быть измерен как одним датчиком, так и набором датчиков. Толщина слоя воды в европейских нормативных документах ограничена 3 мм (требования EN), в связи с чем датчики компании Lufft измеряют в таком же диапазоне, датчики Boschung – до 10 мм. В РФ до принятия >>>

ГОСТ Р 71094 2024² данный параметр не был нормирован. Предложения по нормированию данного параметра приведены в «Обосновании необходимости стандартизации конкретных технических, функциональных и эксплуатационных характеристик».

Толщина слоя льда датчиками компании Boschung не измеряется, датчиками компании Luftt – до 2 мм, Vaisala – до 10 мм. Связано это с тем, что на дорогах ЕС, как и в РФ, нормативными документами не допускается наличие льда на поверхности дорог.

Обсуждение результатов

Внедрение и развитие подсистемы метеомониторинга (ПММ) в составе интеллектуальных транспортных систем (ИТС) является важным шагом на пути к повышению безопасности и эффективности дорожного движения. Несмотря на значительный международный опыт в данной области, в Российской Федерации долгое время отсутствовали единые нормативные требования к техническому оснащению, функциональным возможностям, архитектуре и информационному обмену в рамках ПММ. Принятие в 2024 году ГОСТ Р 71094-2024 стало важным этапом в формировании унифицированной системы метеомониторинга, что обеспечивает стандартизацию подходов к сбору, обработке и использованию метеорологических данных в транспортной сфере.

Более массовое применение подсистемы метеомониторинга позволит расширить возможности работы ИТС, обеспечить более полную картину текущих условий на участках установки. Это позволит повысить качества работы систем инцидент менеджмента, как в части информирования пользователей и управления транспортными потоками, так и обеспечения эффективности работы служб содержания автомобильных дорог [8, 10].

Интеграция ПММ с модулями, обеспечивающими управление высокоавтоматизированными транспортными средствами, открывает возможности для более точного прогнозирования дорожной обстановки и принятия обоснованных управленческих решений. Например, в рамках реализации сервиса децентрализованных оповещений об окружающих событиях высокоавтоматизированные транспортные средства могут получать сообщения об осадках и гололеде.

Функционирование подсистемы метеомониторинга в составе ИТС положительно скажется на безопасности дорожного движения и позволит оптимизировать работу по содержанию автомобильных дорог в течение всего года, особенно в сложных климатических условиях.

Заключение

В результате выполненного анализа программного и технического обеспечения отечественных и зарубежных компаний можно заключить, что в настоящее время на территории РФ имеется почти полный комплект датчиков отечественной разработки, необходимый для ПММ в рамках различных сервисов и задач. На сегодняшний день, все узлы АДМС всех производителей, присутствующих на рынке РФ, способны работать как в условиях юга России, так и в условиях крайнего Севера (за исключением особой Зоны – Заполярье), поскольку эксплуатационные диапазоны температур способны выдерживать до -50 градусов. Кроме того, существующее программное обеспечение также способно обеспечить все потребности внутреннего рынка ИТС.



² ГОСТ Р 71094 2024 «Интеллектуальные транспортные системы. Подсистема метеомониторинга. Общие требования»

Список использованной литературы

1. S. V. Zhankaziev, A. I. Vorobyev, M. V. Gavrilyuk, T. V. Vorobyeva and D. Y. Morozov, "Creation of a Certification System for Ensuring the Safety of Information Transfer Between Vehicles and Intelligent Road Infrastructure in the Russian Federation," 2021 Systems of Signals Generating and Processing in the Field of on Board Communications, Moscow, Russia, 2021, pp. 1-5, doi: 10.1109/IEEECONF51389.2021.9416127.
2. Самодурова, Т. В. Учет микроклиматических особенностей участка автомобильной дороги при зимнем содержании / Т. В. Самодурова, М. С. Давидчук, С. С. Салиев // Научный журнал строительства и архитектуры. – 2025. – № 1(77). – С. 123-136. – DOI 10.36622/2541-7592.2025.77.1.012. – EDN ODFOES.
3. Развитие архитектуры интеллектуальных транспортных систем / Е. О. Андреев, С. В. Жанказиев, В. В. Зырянов, А. С. Павлов // Т-Comm: Телекоммуникации и транспорт. – 2024. – Т. 18, № 1. – С. 38-43. – DOI 10.36724/2072-8735-2024-18-1-38-43. – EDN HNTJMK.
4. Солодкий, А. И. Цифровая трансформация транспортной отрасли Российской Федерации. Перспективы развития / А. И. Солодкий, С. С. Евтюков, Н. В. Черных // Вестник Московского автомобильно-дорожного государственного технического университета (МАДИ). – 2024. – № 1(76). – С. 91-99. – EDN DXSECG.
5. Салиев, С. С. Подсистема метеорологического контроля в автоматизированных системах управления дорожным движением / С. С. Салиев, Т. В. Самодурова // Научная опора Воронежской области : сборник трудов победителей конкурса научно-исследовательских работ студентов и аспирантов ВГТУ по приоритетным направлениям развития науки и технологий, Воронеж, 03–28 апреля 2023 года. – Воронеж: Воронежский государственный технический университет, 2023. – С. 178-180. – EDN MTHYUG.
6. Коденцева Ю.В. Оценка эффективности стратегий зимнего содержания дорог с использованием метеорологических параметров / Ю.В. Коденцева Ю.Д. Божескул // Архитектурно-строительный и дорожно-транспортный комплексы: проблемы, перспективы, инновации. – 2019. – С. 504-511.
7. Stawowy, M.; Olchowik, W.; Rosiński, A.; Dąbrowski, T. The Analysis and Modelling of the Quality of Information Acquired from Weather Station Sensors. Remote Sens. 2021, 13, 693. <https://doi.org/10.3390/rs13040693> Turing A.M. Computing machinery and intelligence. Parsing the Turing Test, Springer (2009), pp. 23-65
8. Дронсейко, В. В. Социально-психологические факторы в предикативной аналитике уровня конфликтности в транспортном потоке на примере г. Москвы / В. В. Дронсейко, А. М. Меркович, Д. А. Саданова // Автомобиль. Дорога. Инфраструктура. – 2024. – № 2(40). – EDN DSLQSQ.
9. Classification of Integration Platforms of Intelligent Transport Systems / A. I. Vorobyev, A. A. Koveshnikov, M. V. Gavrilyuk [et al.] // Systems of Signals Generating and Processing in the Field of on Board Communications. – 2023. – Vol. 6, No. 1. – P. 525-529. – DOI 10.1109/IEEECONF56737.2023.10092164. – EDN STAAZL.
10. Оценка безопасности движения в зимний период на различных этапах жизненного цикла дороги / Т. В. Самодурова, А. В. Соврасова, Н. Ю. Алимова, О. В. Гладышева // Научный журнал строительства и архитектуры. – 2023. – № 4(72). – С. 107-120. – DOI 10.36622/VSTU.2023.72.4.009. – EDN MDGGAP.