

АВТОМАТИЗИРОВАННАЯ СИСТЕМА УПРАВЛЕНИЯ ЗИМНИМ СОДЕРЖАНИЕМ АВТОМОБИЛЬНЫХ ДОРОГ

*Докт. техн. наук, проф. ЛЕОНОВИЧ И. И.,
канд. техн. наук НЕСТЕРОВИЧ И. В.*

*Белорусский национальный технический университет,
Белорусский дорожный инженерно-технический центр*

В Республике Беларусь значительная часть средств, выделяемых на содержание автомобильных дорог, используется в зимнее время. Ежегодно на зимнее содержание автомобильных дорог общего пользования направляется около 100 млн дол. США, что составляет примерно 55 % суммы, выделяемой на содержание дорог. В этот период на дорогах общего пользования только за зиму 2007/08 гг. совершено около 1,3 тыс. дорожно-транспортных происшествий, в том числе по сопутствующей причине неудовлетворительных дорожных условий почти половина от общего количества таких ДТП за год [1].

Автоматизированная система управления зимним содержанием автомобильных дорог разработана и внедряется для оптимизации использования денежных средств, обеспечения безопасного и бесперебойного движения на автомобильных дорогах в зимний период, улучшения экологии придорожной полосы [2, 3].

При этом предусмотрены защита автомобильных дорог от снежных заносов, борьба с зимней скользкостью и очистка автомобильных дорог от снега [4].

При проектировании автоматизированной системы основной целью ставилось получение и использование метеорологической информации о состоянии дорожной сети для принятия необходимых организационных и технологических решений, обеспечивающих безопасность и непрерывность движения в зимний период. При этом должен быть обеспечен постоянный контроль состояния дорожных покрытий, расхо-

вания противогололедных материалов на всех уровнях управления.

Основные этапы внедрения системы. Система разрабатывается и внедряется поэтапно отдельными элементами ввиду большой трудоемкости и стоимости при реализации всего комплекса в целом.

На первом этапе выполнена разработка первой очереди системы принятия решения в составе учета данных дорожных метеостанций [4] и термокарт [5] и выдачи рекомендаций по обработке покрытия (алгоритмическая часть).

На втором этапе выполнена разработка программного обеспечения по подготовленным алгоритмам и осуществлено подключение к системе аналитического прогноза температур покрытия, статистической информации по дорожным метеостанциям.

Третий этап – разработка алгоритма контроля работы дорожной техники с разработкой автоматизированного управления дорожной техникой и подготовки отчетности.

Заключительным этапом является включение в систему прогноза метеорадара.

Результатом окончательной реализации системы станет принципиально новый подход к зимнему содержанию автомобильных дорог на основе использования информационных технологий.

В настоящее время завершены работы и производится внедрение по первым двум этапам разработки системы, а также ведутся работы по третьему этапу.

К этапу сбора информации в данной системе относятся: использование дорожных метео-

станций, общедоступных метеоданных, информации метеорадара, а также данных термомониторинга дорог.

Сбор информации осуществляется дорожной метеостанцией автоматически. Состав и объем информации зависят от вида оборудования и описываются в документации на дорожные метеостанции. Следует отметить, например, что на дороге I категории при наличии четырех дорожных датчиков количество показаний датчиков, передаваемых за один сеанс связи, приближается к 100. В зимний период данные могут обновляться каждые 1–10 мин. В условиях, требующих быстрого принятия решения, человек не в состоянии полноценно проанализировать подобный объем информации. В то же время весь ее объем используется дорожной метеостанцией автоматически для выработки прогноза. Диспетчеру для принятия решения по обработке покрытия в рамках предлагаемой методики необходимо анализировать меньший объем информации:

- температуру воздуха;
- влажность воздуха;
- данные о наличии осадков (снега);
- интенсивность осадков;
- данные о температуре поверхности покрытия;
- данные о наличии водной пленки на покрытии;
- данные о предупреждениях и тревогах по гололеду.

В этом случае анализ выполняется достаточно оперативно и без использования специальных средств. Увеличение количества анализируемых параметров усложняет процесс анализа и для его своевременного осуществления требуется использование специализированного программного обеспечения по типу систем поддержки принятия решения.

К общедоступным метеоданным относятся температура и влажность воздуха, скорость и направление ветра, состояние неба (ясно, облачно, пасмурно). Источником получения данных являются: данные государственной погодной службы, предоставляемые средствами массовой информации или по подписке, Интернет, простые измерительные приборы, визуальное наблюдение.

Эти данные позволяют осуществить предварительный прогноз образования гололеда в том

случае, если на участке дороги дорожные измерительные станции отсутствуют. При этом осуществляется прогнозирование температуры покрытия в зависимости от параметров окружающей среды. Такой прогноз основывается на имеющихся физико-математических моделях, таких как теория распространения температурных волн в твердых телах, и др.

В настоящее время имеется несколько независимо разработанных моделей прогноза температуры покрытия. Однако, как показывает их проверка, выполняемая в РУП «Белдорцентр» на основе реальных данных дорожных метеостанций, они удовлетворительно работают в летний период. Зимой наблюдается значительное расхождение данных прогноза и реальных данных. Одним из объяснений может быть тот факт, что в зимний период влияние на температуру оказывает наличие на покрытии химических реагентов, применяемых для борьбы с гололедом, которые изменяют температуру поверхности покрытия.

Работа по совершенствованию модели прогнозирования температуры покрытия зимой в «Белдорцентре» ведется на постоянной основе. В настоящее время уже разработан ряд прогнозных моделей температуры покрытия, которые наиболее близко приближаются к реальной картине.

В настоящее время в Национальном аэропорту «Минск» установлен метеорадар с радиусом действия 100 км (рис. 1). Метеорологическая служба с использованием метеорадара получает информацию обо всех атмосферных явлениях, высоте вершин облаков, интенсивности осадков и формирует шестичасовой прогноз погоды, включая направление и скорость перемещения снеговых фронтов. Служба прогноза позволяет формировать шестичасовой прогноз погоды, включая направление и скорость перемещения снеговых фронтов.

Использование подобного прогноза в дорожной отрасли является полностью возможным. Для этого необходимо определить способы обмена данными, а также источники финансирования.

Планируется подключить метеорадар в г. Бресте и в срок до 2010 г. установить еще три метеорадара для полного покрытия территории страны.

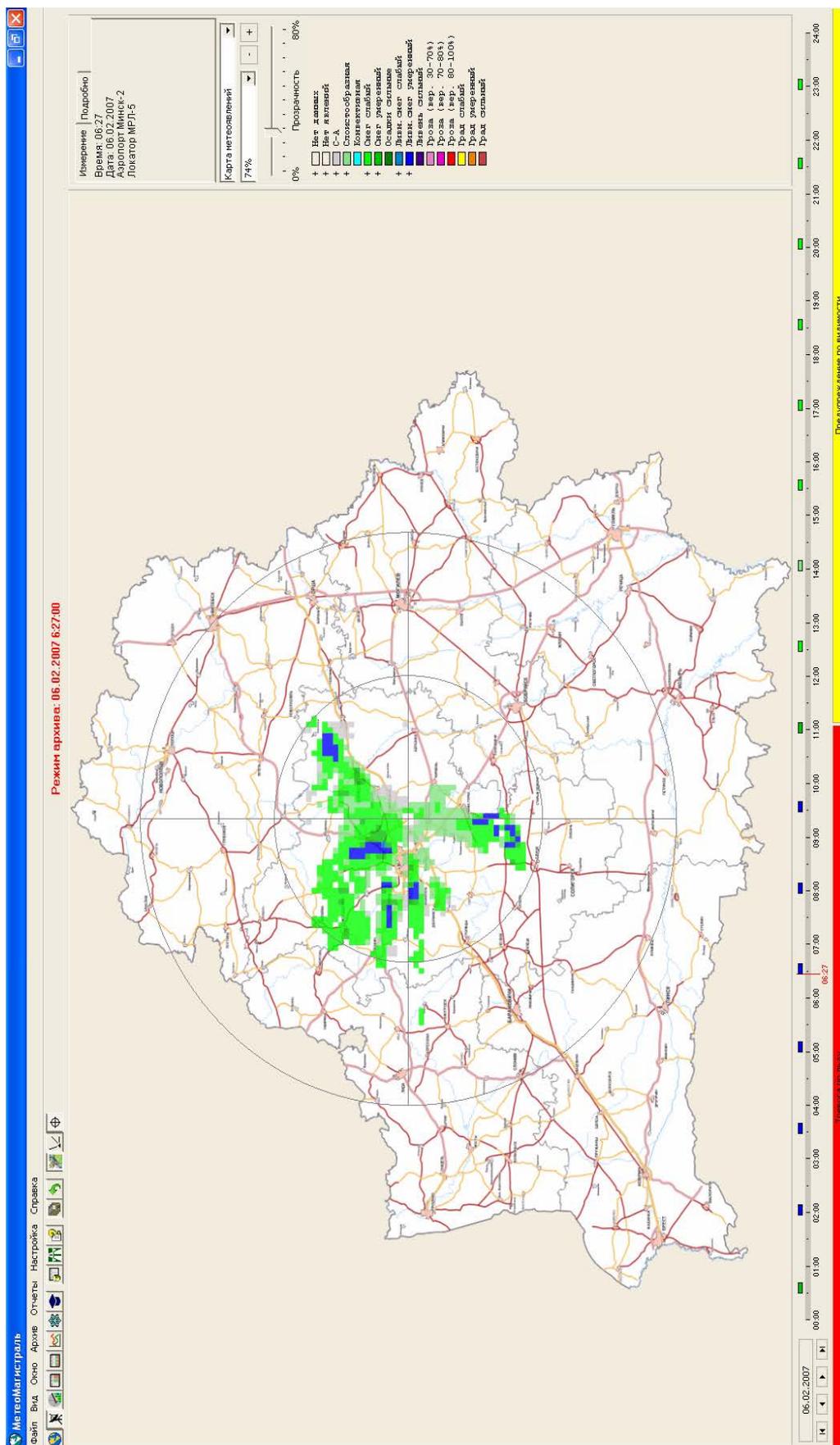


Рис. 1. Карта-схема наблюдающихся осадков в радиусе 100 км от точки установки радара

Термокартирование дорожных покрытий. Предупреждения и тревоги, формируемые дорожной измерительной станцией, относятся к ограниченному по протяженности участку дороги в ряде случаев длиной 1–2 км. За пределами этого участка ситуация может быть совсем иной. Для того чтобы распространить прогноз дорожных метеостанций на большой по протяженности участок дороги, создаются термокарты покрытия.

В некотором упрощении термокарта представляет собой перечень однородных отрезков дороги, каждый из которых характеризуется положением начала и конца отрезка и значением отклонения средней температуры поверхности покрытия отрезка относительно средней температуры участка, для которого создана термокарта (обычно не менее 50 км). Величина такого отклонения называется термической характеристикой участка и обозначается символом t .

Минимальная длина однородного отрезка составляет 500 м. Соседние однородные участ-

ки с одинаковой термической характеристикой объединяются в один участок.

Для однородных отрезков принимаются следующие значения термических характеристик и пределы температур:

- 0 °С – средние температуры на этих однородных участках находятся в границах от $-0,5$ до $+0,5$ °С относительно средней температуры всего участка;
- -1 °С – средние температуры на этих однородных участках находятся в границах от $-0,5$ до $-1,5$ °С относительно средней температуры всего участка;
- $+1$ °С – средние температуры на этих однородных участках находятся в границах от $+0,5$ до $+1,5$ °С относительно средней температуры всего участка;
- $+2$ °С – средние температуры на этих однородных участках находятся в границах от $+1,5$ до $+2,5$ °С относительно средней температуры всего участка и т. д. (рис. 2, 3).

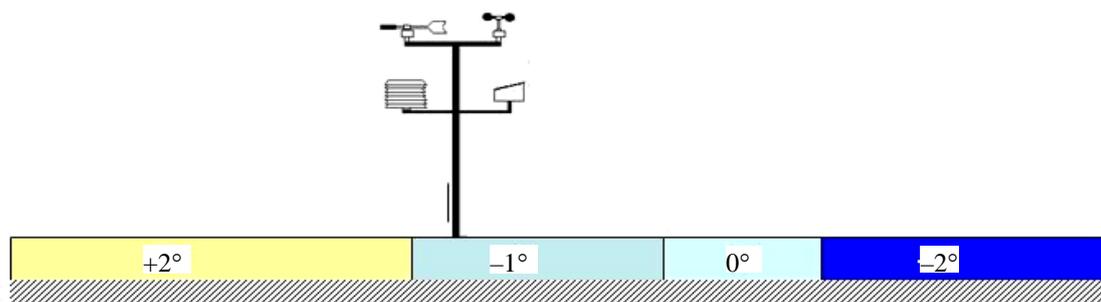


Рис. 2. Иллюстрация понятия термокарты

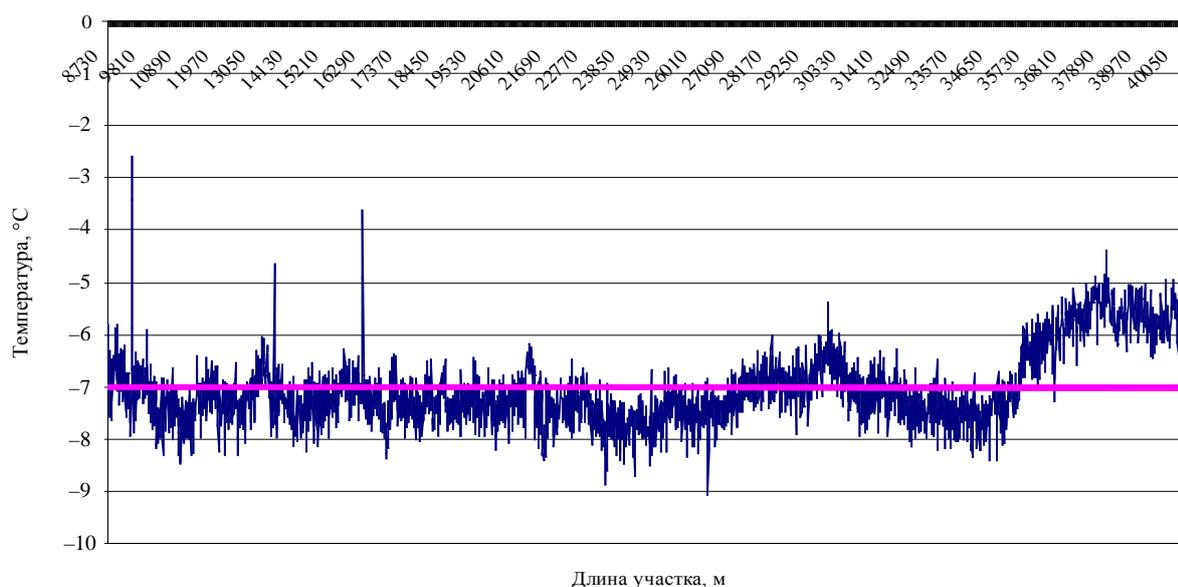


Рис. 3. Изменение температуры покрытия на автомобильной дороге М-3

Использование данных термокартирования наиболее оправданно в случае, когда температура окружающего воздуха находится в диапазоне $(+1)–(-6)$ °С, т. е. в наиболее опасный с точки зрения возможности образования гололеда период.

Последовательность учета данных термокарт следующая.

1. В случае предупреждения или тревоги по гололеду, выдаваемых дорожной метеостанцией, производится определение вида необходимых действий дорожных служб на основе нормативного документа [1].

2. Определяется температура покрытия каждого однородного отрезка по формуле

$$T_{\text{покр}} = t_{\text{дис}} + \tau_{\text{дис}} + \tau_{\text{уч}},$$

где $T_{\text{покр}}$ – температура покрытия однородного отрезка; $t_{\text{дис}}$ – то же на отрезке установки метеостанции; $\tau_{\text{дис}}$ – термическая характеристика на отрезке установки метеостанции; $\tau_{\text{уч}}$ – то же участка, для которого определяется температура покрытия.

3. Если полученная температура покрытия участка больше 0 °С, то обработка участка противогололедными материалами не производится.

4. Если температура покрытия участка ниже 0 °С, но выше температуры покрытия в месте установки дорожной метеостанции, норма распределения противогололедных материалов может быть уменьшена на 10–20 % или до нижней границы нормы распределения для данного диапазона температур воздуха.

5. Если температура покрытия участка ниже температуры покрытия в месте установки дорожной метеостанции, то норма распределения противогололедных материалов должна быть увеличена на 10–20 % или до верхней границы нормы распределения для данного диапазона температур воздуха.

С учетом неизменного характера термических характеристик составляются таблицы изменения температуры участка дороги, для которого создана термокарта в зависимости от температуры покрытия на дорожной метеостанции. Здесь же заранее определяются нормы распределения противогололедных материалов (ПГМ) для каждого однородного отрезка. После этого при возникновении предупреждения или тревоги по льду норма распределения противогололедного материала на каждом участке

берется по таблице в зависимости от температуры покрытия на дорожной метеостанции.

В настоящее время в РУП «Белдорцентр» завершено создание дорожной лаборатории по термокартированию дорожных покрытий (рис. 4), разработана методика проведения работ [2]. По состоянию на 01.09.2007 термокарты имеются для участков 14 дорог общей протяженностью 1390 км.



Рис. 4. Лаборатория по термокартированию

В настоящее время дорожно-измерительные станции позволяют получать краткосрочный прогноз возможности образования гололеда, а также выдают информацию о факте его возникновения. Программное обеспечение имеет минимальные возможности по расчету необходимого объема противогололедных материалов, что недостаточно для практической деятельности. Кроме того, программное обеспечение станций не предусматривает назначения мероприятий при снегопадах.

В связи с этим разработаны алгоритмы действий работников дорожно-эксплуатационных служб, позволяющие на основании данных дорожных метеостанций и рекомендаций нормативов принимать обоснованные решения по обработке покрытия.

Поскольку одним из факторов анализа при принятии решений служит время (прошедшее от начала выпадения осадков, от окончания обработки покрытия и др.), почти все алгоритмы являются слишком сложными для их реализации человеком без использования компьютера и специального программного обеспечения, так как необходимо отслеживать несколько длительных процессов.

В таких случаях на практике используются специальные системы поддержки принятия решения, основным назначением которых является анализ многочисленных данных из различных, не связанных между собой внешних источников, их сопоставление и формирование предложений по возможным действиям на основе специальных правил.

Автоматизация зимнего содержания дорог. В основе автоматизации зимнего содержания дорог лежит использование электронной карты автомобильных дорог, навигационного оборудования глобального космического позиционирования (GPS), мобильных средств связи, специального программного обеспечения.

Основная идея состоит в комплектовании снегоуборочной и солераспределяющей техники оборудованием GPS и средствами мобильной связи. В результате достигаются:

- полная визуализация процесса работы техники. Благодаря наличию навигационного оборудования пространственное положение техники определяется и отображается непрерывно. Поскольку оборудование GPS работает совместно с оборудованием мобильной связи, информация о технике доступна в режиме реального времени. В данное время подобная система работает в г. Минске с автомобилями по уборке мусора, банковскими автомобилями.

На практике это выглядит следующим образом. На экране компьютера диспетчера отображается электронная карта. На карте показаны дороги и условными знаками – снегоуборочные

машины. По каждой машине может отображаться идентификационный номер, количество израсходованной соли или песка, скорость разбрасывания, скорость передвижения машины, наличие и расход топлива, задействованные рабочие органы, другая информация (рис. 5, 6).

По мере продвижения машины на карте возникает линия маршрута, ее цвет указывает режим работы машины – разбрасывание или очистка. Если машина выполняет неверную операцию или не посыпает дорогу солью, когда это необходимо, то система дает сигнал оператору и высвечивает значок этой машины на экране.

Программное обеспечение не только отслеживает маршруты снегоуборочных машин, но и состояние дорог. В ряде случаев дорога должна быть очищена или посыпана ПГМ через определенные интервалы времени, иногда даже ежечасно. Частота, с которой должна очищаться та или иная дорога, записывается в атрибутивную таблицу.

Программа автоматически отслеживает заданные интервалы в процессе работы техники и в соответствии с ними изменяет цвет линий маршрутов на карте. Так, линии дорог, показанные в данный момент зеленым цветом, через два часа изменят цвет на красный, поскольку в течение этого времени их следовало заново расчистить или посыпать. Если работающая на этом маршруте снегоуборочная машина опаздывает или неисправна, то диспетчер может послать туда другую машину;

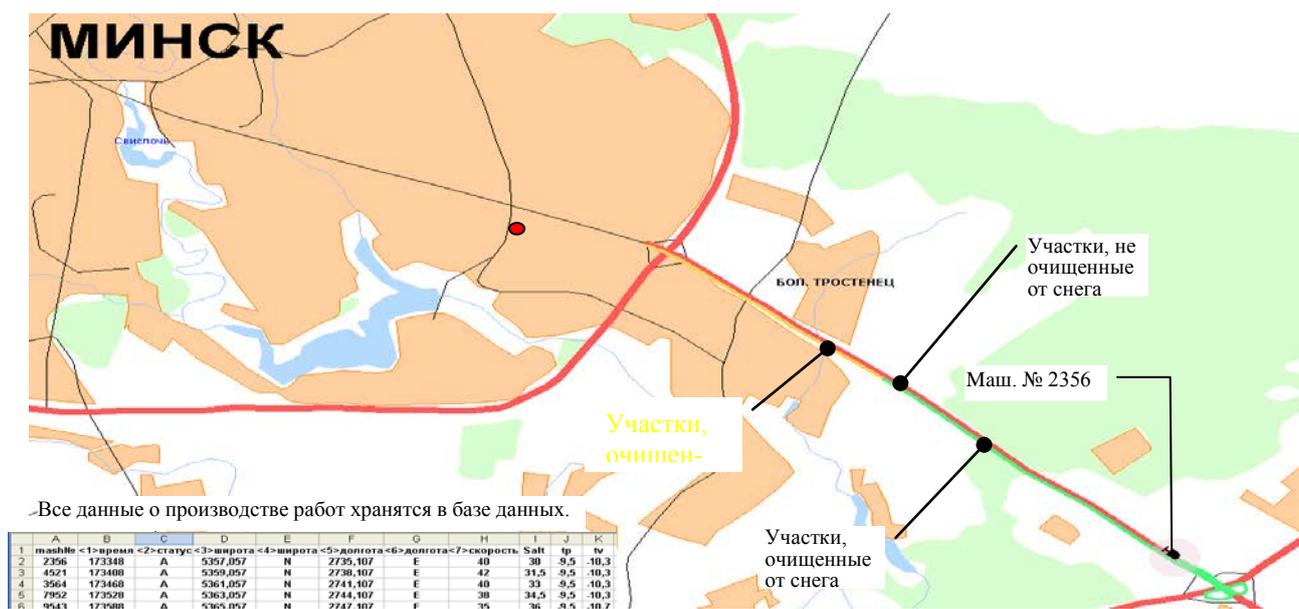


Рис. 5. Парк снегоуборочных машин и текущее состояние дорог при зимнем содержании

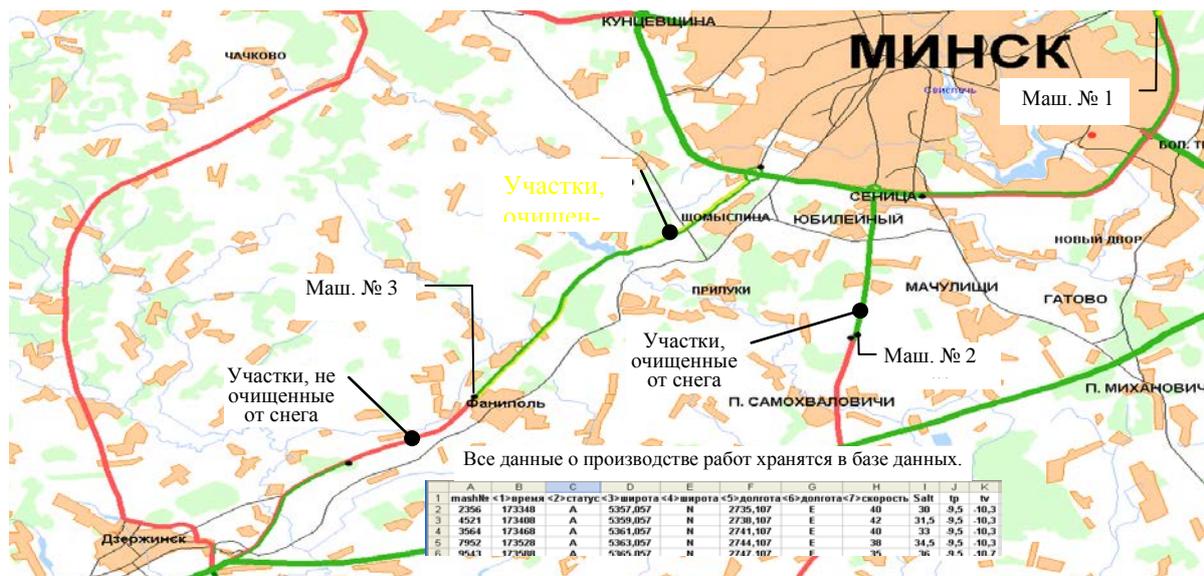


Рис. 6. Парк снегоуборочных машин при зимнем содержании

- контроль работы техники. Предлагаемая система позволяет осуществлять полный контроль за работой техники. К навигационному оборудованию можно подключить дополнительные датчики, связанные, например, с отвалом снегоочистителя, механизмом посыпки, датчиком уровня топлива и др. Таким образом, кроме местоположения каждой машины появляется возможность получения по ней самой подробной информации в реальном времени.

Все данные о производстве работ записываются в базу данных и доступны для последующего анализа. Можно наблюдать за отдельными снегоуборочными машинами или за всей техникой, работающей в определенной зоне, чтобы установить соответствие между графиком работ и текущим ходом их выполнения. Анализ полученной информации помогает оптимизировать маршруты и повысить отдачу от парка снегоуборочной техники. Можно также посмотреть данные по текущему расходу соли на единицу площади и, сравнив их с нормами, определить перерасход или недостаточное количество соли. Помимо этого, можно проконтролировать общее количество материала и машино-часов, затраченных на очистку дорог в час, в день, за снегопад, и использовать эти данные для обоснования потребных бюджетных средств;

- автоматизация солераспределения. Наиболее существенные результаты в автоматизации

зимнего содержания будут достигнуты после составления термокарт по каждой дороге. Термокарты позволят разработать стратегию обработки каждой дороги в зависимости от погодных условий.

Тот, кто долго занимался зимним содержанием дорог и хорошо их «чувствует», знает, что в одних и тех же условиях на одних участках дорог гололед образуется быстрее, чем на других, хотя участки могут быть даже смежными. Дело в том, что дорожная одежда характеризуется постоянными термическими характеристиками, и на дороге действительно имеются «холодные» и «теплые» участки, расположение которых со временем не меняется. Противогололедная обработка «холодных» и «теплых» участков должна осуществляться по-разному.

Интеграция навигационного оборудования с исполнительными механизмами солераспределителей с точным дозированием позволит автоматически в реальном времени регулировать распределение хлоридов в зависимости от проезжаемого машиной участка дороги.

ВЫВОДЫ

Основной целью автоматизированной системы зимнего содержания автомобильных дорог в Республике Беларусь является получение и использование метеорологической информации о состоянии дорожной сети.

Источником данных для работы системы являются дорожные метеостанции, общедоступные метеоданные, информация метеорадаара, а также данные термокартирования дорог. Для проведения термокартирования создана мобильная лаборатория и разработана методика проведения измерений и использования результатов.

С целью автоматизации использования оборудования для зимнего содержания ведутся работы по применению в этом процессе GPS-оборудования и географических информационных систем.

ЛИТЕРАТУРА

1. **Чернюк, Н. И.** Перспективы и проблемы автоматизации зимнего содержания автомобильных дорог / Н. И. Чернюк, И. В. Нестерович, С. В. Богданович // Современные технологии, машины и материалы для зимнего содержания автомобильных дорог: материалы междунар. науч.-техн. конф., Могилев, 17–18 февр. 2005 г. / М-во образования Респ. Беларусь [и др.]. – С. 6–7.
2. **Нестерович, И. В.** Автоматизация технологических процессов и управления зимним содержанием / И. В. Нестерович // Современные технологии, машины и материалы для зимнего содержания автомобильных дорог: материалы междунар. науч.-техн. конф., Могилев, 13–15 февр. 2008 г. / М-во образования Респ. Беларусь [и др.]. – С. 8–9.
3. **Леонович, И. И.** Прогнозирование зимней скользкости автомобильных дорог / И. И. Леонович, С. В. Богданович, В. И. Жилинский // Вестник БНТУ. – 2007. – № 1. – С. 50–55.
4. **ТКП 100-2007(02191).** Порядок организации и проведения работ по зимнему содержанию автомобильных дорог / М-во транспорта и коммуникаций. Департамент «Белавтодор». – Минск, 2007. – 79 с.
5. **Богданович, С. В.** Анализ использования дорожных измерительных станций при зимнем содержании автомобильных дорог / С. В. Богданович, В. И. Жилинский // Современные технологии, машины и материалы для зимнего содержания автомобильных дорог: материалы междунар. науч.-техн. конф., Могилев, 17–18 февр. 2005 г. / М-во образования Респ. Беларусь [и др.]. – С. 23–24.
6. **Методика** термокартирования дорожных покрытий / М-во транспорта и коммуникаций. Департамент «Белавтодор». – Минск, 2005. – 10 с.

Поступила 5.05.2008

УДК 656.13.08

АНАЛИЗ СУЩЕСТВУЮЩИХ ПОДХОДОВ К ПРОГНОЗИРОВАНИЮ АВАРИЙНОСТИ В ДОРОЖНОМ ДВИЖЕНИИ

Канд. техн. наук, доц. КАПСКИЙ Д. В.

Белорусский национальный технический университет

Аварийность – одна из самых насущных и болезненных проблем в дорожном движении. Ежегодно в Республике Беларусь происходит около 150000 аварий, в которых погибает более 1500 чел. и получают ранения около 9000 чел., а суммарные социально-экономические потери от аварийности в 2007 г. составили около 250 млн дол. [1, 2]. С ростом уровня автомобилизации потери от аварийности будут неуклонно возрастать. Поэтому борьба с аварийностью является задачей государственной важности, задачей общенационального масштаба.

Аварийность в основном зависит от четырех групп факторов – человек, автомобиль, дорога, организация дорожного движения. Борьба с аварийностью должна вестись по всем этим направлениям с использованием самых разнообразных методов и средств. И здесь особую значимость приобретает прогнозирование аварийности, позволяющее принимать оптимальные решения.

К сожалению, существующие сегодня методы прогнозирования аварийности отличаются крайне невысокой точностью прогноза, что