

Кандидат физ.-мат. наук В.Ф. ШАЛАШОВ

ДОРОЖНАЯ МЕТЕОРОЛОГИЯ — ЭФФЕКТИВНЫЙ СПУТНИК БЕЗОПАСНОСТИ ДВИЖЕНИЯ ПО АВТОМОБИЛЬНЫМ ДОРОГАМ

Представлены решения, помогающие дорожным службам планировать работы по содержанию автодорог в нормативном состоянии. Это автоматическая дорожная метеостанция (АДМС), которая устанавливается рядом с дорогой, и цифровая платформа «ЦУСАД» для планирования экономических и производственных ресурсов.

Ключевые слова: *автоматическая дорожная метеостанция, цифровая платформа, автоматизированная система метеорологического обеспечения.*

Важнейшие задачи дорожной отрасли — создание условий для комфортного и беспрепятственного движения по автомобильным дорогам и повышение уровня его безопасности. В условиях роста скоростей транспортных средств, увеличения интенсивности движения, уплотнения транспортного потока всё труднее становится, особенно при влиянии неблагоприятных погодных факторов, правильно оценивать дорожные условия и принимать тактически верные решения для обеспечения беспрепятственного и безопасного движения. Что бы повысить эффективность усилий дорожно-эксплуатационных служб при решении этих проблем, необходимо использовать новейшие технические средства и технологии. Так в 1994 году возникла новая отрасль дорожной науки – дорожная метеорология.

Зачем нужна дорожная метеорология

Использование современных методов метеорологии для автодорожных нужд началось в России в 1994 г., когда по инициативе Росавтодора на автодороге «Урал» в пределах Московской области были

установлены первые три метеостанции. Затем работа была продолжена на трассах «Россия», «Волга» и других. И уже первые, может быть, несколько примитивные результаты показали заинтересованность дорожников в использовании метеоданных для определения условий движения, прогнозирования скользкости за 1–4 ч до возникновения события. Это в корне меняло подходы к зимнему содержанию дорог, позволяя применять превентивные меры по предупреждению скользкости на покрытии.

Проезжающие по автомобильным дорогам всё чаще видят на обочинах металлические опоры, отдельно стоящие стойки, обвешанные метеоприборами, видеокамерами, металлическими шкафами. На первый взгляд к дороге эти элементы не имеют никакого отношения. Но в действительности это неотъемлемые части автомобильных дорог — элементы автоматизированных систем метеорологического обеспечения дорожного хозяйства.

На ограниченных участках возникают метеорологические явления, отличающиеся от указанных в общих прогнозах. В частности, при отсутствии гололедных явлений в прогнозируемом районе на участках автомобильных дорог может возникнуть скользкость на покрытии. Дело в том, что прогнозы погоды и штормовые предупреждения Росгидромета имеют общий характер, так как дают обобщенные данные для значительных площадей, не выделяя на них отдельные объекты, чьи размеры в сотни раз меньше. Имеют место и обратные явления, когда при общем прогнозе гололеда на протяженных участках дороги скользкость может отсутствовать. Этому способствуют нахождение трассы внутри лесного массива, на подветренной стороне возвышенности, а также интенсивная солнечная радиация.

Ежегодно на автодорогах России в дорожно-транспортных происшествиях гибнут и получают увечья десятки тысяч человек. Причиной значительной части этих ДТП является скользкость дорожного покрытия. Успешная борьба с гололедом и его последствиями возможна лишь с помощью:

- метеооборудования, максимально приближенного к полотну дороги и обеспечивающего сбор необходимых данных в полосе автодорог вдоль их маршрута;

- специализированного программного обеспечения, позволяющего систематизировать и анализировать данные метеостанций;

- выработки прогнозов возможного возникновения скользкости по времени и адресам;
- разработки вариантов управленческих решений по предупреждению и ликвидации скользкости;
- своевременного информирования пользователей дорог, заинтересованных учреждений и предприятий об условиях движения.

Существенную помощь дорожная метеорология оказывает и весной, позволяя более точно определять сроки ввода и отмены ограничений движения тяжеловесного транспорта из-за снижения несущей способности земляного полотна, и летом, способствуя обеспечению защиты верхних слоев асфальтобетона от образования колеиности при высоких температурах воздуха.

Установкой метеорологического оборудования по заказу Росавтодора занималась Научно-производственная компания «Минимакс-94», которая была создана в том же 1994 г. Первая аппаратура, введенная в эксплуатацию компанией, была зарубежного происхождения — фирмы «Телуб» (Швеция). Ряд российских фирм, параллельно занимающихся дорожной метеорологией, использовал также оборудование фирм «Вайсала» (Финляндия), «Бошунг» (Швейцария), «Люфт» (Германия). Одновременно с освоением зарубежных технологий в целях снижения стоимости оборудования возникла необходимость разработки российской метеостанции с датчиками, средствами связи, энергоснабжения и программного обеспечения.

Эту принципиально важную задачу реализовала компания «Минимакс-94». Было разработано и внесено в реестр средств измерений десять образцов метеорологических и дорожных датчиков, три устройства сбора данных, созданы оригинальные комплексные метеостанции, варианты специализированного программного обеспечения. В этой работе учтены особенности российских дорог и климата, специфика рынка и пожелания заказчиков.

Компания вышла на уровень полного цикла выполнения работ (подобно контракту жизненного цикла) по созданию автоматизированных систем метеорологического обеспечения дорожной отрасли, включая проведение проектно-исследовательских работ, разработку математических моделей объектов и программного обеспечения, производство оборудования, монтаж и пусконаладку технической части метеосистем и программного обеспечения, обучение работающих с системами,

содержание оборудования и сопровождение программного обеспечения, круглосуточную техническую поддержку пользователей.

Автомобильная дорога как объект, на котором создается автоматизированная система метеорологического обеспечения (АСМО), предъявляет свои требования. Отличительные черты ведомственной (дорожной) метеорологии — замеры необходимых параметров на элементах автодороги или в непосредственной близости от нее; замеры дополнительных параметров, не используемых Росгидрометом, для вычисления общих прогнозов: температуры покрытия дороги, температуры нижних слоев дорожной одежды и земляного полотна, концентрации противогололедных материалов на покрытии. Возможности дорожной метеорологии используются не для прогнозирования общих погодных условий, а для оценки состояния покрытия путем фиксации факторов (скользкость, влага, снег, снежно-водяная шуга, накат), непосредственно влияющих на условия движения транспортных средств; оперативности получения данных о текущей погоде и расчетных показателей управленческих решений в реальном времени. В настоящий момент Федеральное дорожное агентство обладает одной из самых больших специализированных метеорологических систем в Европе, к которой постоянно подключено около 3 000 автоматических дорожных метеостанций (АДМС).

Автоматизированная система метеорологического обеспечения постоянно развивается. Более половины управлений федеральными автодорогами в системе Росавтодора имеют в своем составе Центры оперативного управления производством (ЦОУП). Ежегодно более 5 000 сотрудников отрасли проходят обучение по использованию системы в практической работе. Система метеорологического обеспечения состоит из автоматических дорожных станций, блоков передачи, обработки, хранения данных, рабочих мест сотрудников, систем отображения данных на мобильных устройствах. Состав автоматической дорожной метеорологической станции приведен на рис. 1, и включает:

- метеорологические датчики температуры и влажности воздуха, атмосферного давления, скорости и направления ветра, осадков, дальности видимости;

- датчики температуры поверхности и нижних слоев дорожной одежды, состояния поверхности (определяющие наличие и вид атмосферных отложений, количество имеющихся противогололедных материалов);

- системы опроса датчиков и передачи накопленной информации на серверы АСМО;
- системы электропитания.



Рис. 1. Основные датчики автоматической дорожной метеорологической станции

Составной частью метеосистемы являются аналитическая и экспертная автоматизированные подсистемы. Аналитическая подсистема позволяет на основе данных дорожных метеостанций оценить состояние покрытия и условия проезда в текущий момент времени и выработать прогноз на следующие 1–4 ч. Совместное использование данных краткосрочных прогнозов состояния поверхности АСМО и метеорологических локаторов, а также прогнозов, полученных по выделенным каналам связи от подразделений Росгидромета, позволяет аналитической подсистеме оценить развитие ситуации и на более длительный период (до 72 ч). Экспертная система дает возможность на основе полученных прогнозов, данных о наличии на покрытии распределенных ранее противогололедных материалов, информации о возможностях эксплуатационной организации (парке спецмашин, их местонахождении, расположении складов противогололедных материалов и имеющихся на них в наличии материалах) и действующей нормативной

и регламентной документации получить рекомендации по адресам, технологиям, видам материалов и срокам проведения работ.

Внедрение информационных дорожных метеосистем позволяет прогнозировать сроки и адреса образования скользкости на проезжей части автодорог; определять наличие ранее распределенных противогололедных материалов с остаточной плавящей способностью, границы участков, на которых необходима обработка, время и нормы россыпи материалов.

Положительными результатами такого внедрения являются совершенствование технологий зимнего содержания дорог, способствующее переходу на более современные материалы, четкое регулирование их расходов, усиление контроля качества и сроков проведения работ, использование объективной информации при разборе дорожно-транспортных происшествий, постоянный контроль состояния дорожной одежды, включая периоды оттаивания грунта земляного полотна и перегрева покрытия.

Повышается эффективность информирования пользователей дорог об изменении условий движения, сложных погодных ситуациях (туманы, метели, снегопады, ливневые дожди) и возможных путях объезда проблемных участков посредством сайтов в сети Интернет, дорожных знаков и щитов со сменной информацией, управляемых непосредственно аналитическими подсистемами дорожных метеосистем. Практика показывает, что в дорожной отрасли с каждым годом увеличивается количество специалистов, верящих в возможности ведомственной метеорологии и понимающих ее влияние на интенсивность транспортных потоков (рис. 2).

	Пропускная способность	Максимальная интенсивность	Загруженность полосы	Скорость потока
Низкая видимость				↓ 13%
Дождь		↓ 0-20%	↓ 4-47%	
Снег	↓ 7-47%	↓ 5-10%	↓ 30%	↓ 13-40%
Ветер				↓ 10%

Рис. 2. Влияние погодных условий на интенсивность транспортных потоков

Возможности дорожной метеорологии, пути ее совершенствования и развития

Рынок метеорологических услуг в мире и России развивается уверенными темпами. Сегодня получить доступ к метеорологической информации, в том числе к прогнозам общего назначения различной заблаговременности, не составляет труда.

Существует большое количество интернет-ресурсов, предоставляющих данную информацию в открытом виде любым желающим, в том числе сайт Росгидрометцентра. Как правило, в состав предоставляемых сведений входит информация о температуре и влажности воздуха, атмосферном давлении, направлении и скорости ветра, атмосферных осадках и некоторых других параметрах окружающей среды. Для пользователя доступно большое количество вариантов визуализации фактической и прогнозной информации в виде различного рода виджетов, таблиц и графиков, анимированных погодных карт.

Подобная информация достаточна для среднесрочного планирования работ по ремонту и содержанию автомобильных дорог. Однако для оперативного принятия мер (за 1–4 ч) по профилактике возможных затруднений движения при неблагоприятных погодных условиях, определения сроков проведения этих мер, ликвидации, в случае метеорологического прогноза общего назначения недостаточно.

Если взглянуть на общие прогнозы Росгидромета и прогнозы, которые формируются на основе данных дорожных автоматизированных систем метеорологического обеспечения, то в глаза сразу бросаются общие тенденции одного и практически применимая дорожниками информация другого. В первом случае это обобщенные данные погоды (температура воздуха, атмосферное давление, влажность, осадки, вероятности возникновения гололеда и гололедицы на всей территории) для регионов и населенных пунктов. Во втором — это информация о состоянии проезжей части автомобильных дорог, возможности возникновения сложных условий движения (скользкости, перегрева дорожного полотна, ограничения видимости) на конкретных участках дорог с указанием их пикетажного положения и прогнозируемого времени. Наряду с правильным выбором технологии производства работ по содержанию автомобильных дорог ключевым фактором экономичности является своевременность начала работ. Слишком раннее начало

приводит к неэффективному использованию материалов, так как часть их разносится с дороги колесами проходящего транспорта еще до проявления неблагоприятного фактора. К еще большим затратам приводит работа по ликвидации возникшего опасного явления и его последствий. Как правило, стоимость этих работ в несколько раз, а в ряде случаев и на порядок превышает затраты по своевременному предупреждению опасных явлений, поскольку это влечет за собой повышенный расход противогололедных материалов, увеличивает время производства работ и наличия помех движению на дороге.

Данные только общего метеорологического прогноза не позволяют определить оптимальное время начала производства работ и первоочередные места их проведения. Для этого необходимо иметь специализированный прогноз в реальном времени, включающий информацию о температурах в двух точках дорожной одежды (на поверхности и глубине 4–7 см) и состоянии проезжей части: наличии, типе, количестве атмосферных отложений и концентрации противогололедных материалов на поверхности дороги. Эти данные позволяют с высокой точностью спрогнозировать время образования гололедных явлений и провести своевременную превентивную обработку, чтобы не допустить образования зимней скользкости.

Что дают дорожникам специализированные прогнозы

В первую очередь, о чем говорилось выше, — это конкретные адреса проблемных участков, где можно ожидать появления скользкости, и определенное время активизации проблемы на них. Как показывает практика, точность таких данных превышает 80 %. Также это информация о наличии на покрытии ранее распределенных противогололедных материалов с остаточной плавящей способностью, рекомендации по времени начала работ и первоочередным участкам, требующим обработки, видам материалов и нормам их расхода. Своевременная и достаточно точная информация об адресах и времени возможного образования скользкости на покрытии и рекомендации по оптимальным срокам начала работ по профилактике гололеда позволяют резко сократить расход материалов. Например, нормы расхода противогололедных материалов для ликвидации уже образовавшегося гололеда составляют 30–50 г/м² реагента, а предварительная россыпь, не позволяющая снежной массе прилипнуть к покрытию и предупреждающая образование гололеда,

требует 5–15 г/м². Организация работы дорожно-эксплуатационных служб по принципу предупреждения события вместо принципа ликвидации последствий события позволяет эффективнее использовать технику и рабочую силу за счет более четкого планирования работ и ликвидации так называемых «дежурных» ожиданий использующейся техники и людей, участвовавших в ликвидации внезапно возникших осложнений. Уменьшение времени наличия гололеда на проезжей части, а во многих случаях и полное его отсутствие дают ощутимые преимущества и автомобильному транспорту, так как способствуют повышению уровня безопасности и увеличению средней скорости движения, сокращают время доставки грузов и нахождения пассажиров в пути. Специализированный прогноз позволяет минимизировать ошибки в применении той или иной технологии содержания автомобильных дорог, например при применении рассолов в случаях, когда прогнозируется резкое снижение температуры поверхности ниже допустимой технологической границы.

Всю необходимую информацию для принятия оперативных решений, равно как и для среднесрочного планирования работ, предоставляет цифровая платформа «ЦУСАД». Это программное решение было установлено в рамках реализации проектов по строительству автоматизированных систем метеорологического обеспечения в органах управления федеральными автомобильными дорогами, подведомственных Росавтодору. Используется этот комплекс и в организациях подрядчиков, выполняющих работы по содержанию федеральных автомобильных дорог. Программный комплекс улучшается вместе с развитием АСМО на автомобильных дорогах Российской Федерации. На первых этапах, когда сеть метеорологических станций была незначительна, объем поступающей в «ЦУСАД» информации позволял оператору самостоятельно принимать решения на основании полученных от дорожных метеостанций данных. Сегодня оператору приходится иметь дело со значительно возросшим информационным потоком и работать непосредственно с данными измерений не представляется возможным.

Для решения этой проблемы в «ЦУСАД» была внедрена система автоматических предупреждений, позволяющая в наглядном виде получать информацию о наблюдаемом или ожидающемся неблагоприятном явлении, его типе, пикетажном адресе и прогнозируемом времени возникновения (рис. 3).

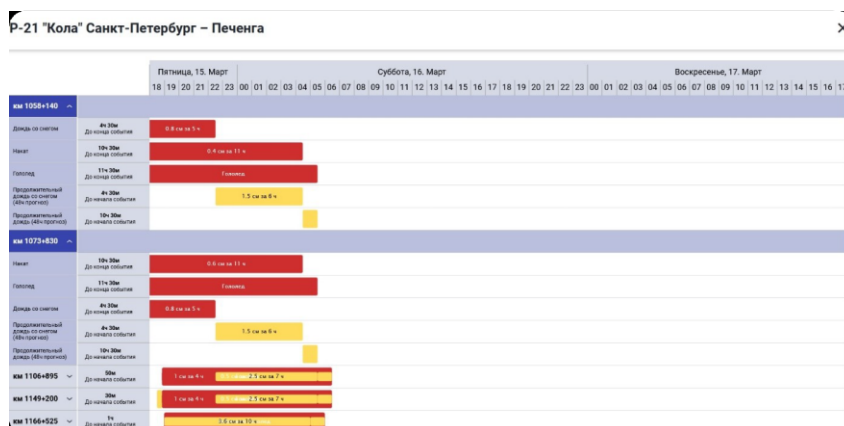


Рис. 3. Краткосрочный специализированный прогноз погоды, который предоставляет «ЦУСАД»

Наличие специализированного четырехчасового прогноза позволяет точно определить время образования неблагоприятного явления, а следовательно, выбрать оптимальное время начала производства работ. Различный уровень принимаемых решений пользователями «ЦУСАДа» способствовал созданию гибкой, адаптируемой под конкретного пользователя системы предупреждений. Большое влияние на это также оказало применение различных технологий содержания автомобильных дорог. Пользователь системы может настроить граничные условия выдачи предупреждений под свои требования и возможности. Для минимизации источников информации, с которыми приходится иметь дело диспетчеру дорожной организации, в «ЦУСАД» внедрен модуль общего метеорологического прогноза. Заблаговременность общего прогноза составляет 72 ч. Данная информация предоставляется в виде графиков и погодных карт. В дополнение к этому в цифровой платформе «ЦУСАД» организована трансляция штормовых предупреждений Росгидрометцентра в режиме реального времени, это позволяет на несколько часов сократить время доведения информации до дорожной организации по сравнению с классическими методами распространения (факс, электронная почта).

Принимаемые диспетчером или дорожным мастером решения должны быть основаны на действующей нормативной базе (ГОСТ,

ОДМ). Удерживать в голове всю необходимую информацию — задача сложная не только для новичка, но и работника, обладающего большим опытом. Для ее облегчения в ПК ЦУП была разработана система поддержки принятия решений (СППР), позволяющая на основании объективных данных контроля, специализированного и общего прогноза, опираясь на действующую нормативную базу, выработать рекомендации по проведению мероприятий. Предоставляемые пользователю рекомендации содержат информацию о возможности использования той или иной технологии в сложившихся условиях, типе и нормах расхода предлагаемых для применения материалов.

Со стороны федеральных управлений дорожного хозяйства инструментарий цифровой платформы «ЦУСАД» позволяет осуществлять объективный контроль качества и своевременности выполнения работ подрядными организациями. Устанавливаемые в дорожное полотно датчики дают возможность фиксировать время и количество использованных противогололедных материалов. Облегчает задачи контроля и применение видеосистем. Информация АСМО представляет интерес не только для дорожных организаций, но и для участников дорожного движения. Чтобы оповещать пользователей дорог, всё чаще устанавливают табло и знаки переменной информации (ТПИ и ЗПИ) (рис.4).

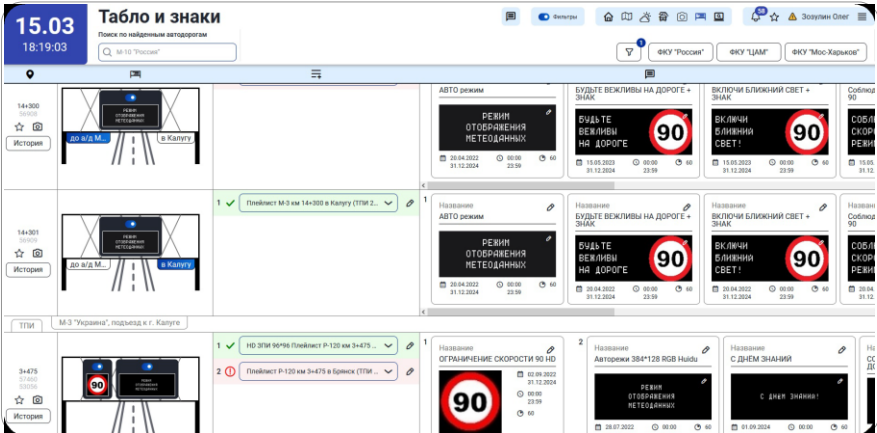


Рис. 4. Управление ТПИ и ЗПИ через цифровую платформу «ЦУСАД»

Модуль управления этими элементами позволяет диспетчеру федерального управления выводить полезную для водителя информацию - активировать в ручном режиме заранее сформированный сценарий (комбинацию информационных шаблонов на табло и (или) знаке). В программе предусмотрен и автоматический режим, дающий возможность выводить на табло информацию о наблюдаемых метеорологических параметрах в режиме реального времени.

«ЦУСАД» успешно используется в любое время года. В летний период комплекс позволяет оптимально планировать производство работ на автодорогах. Особенно это актуально при выполнении работ по укладке асфальта и разметке при неустойчивой, дождливой погоде. Применение цифровой платформы «ЦУСАД» позволяет находить «окна» для выполнения работ по конкретным адресам (рис. 5).

Адрес	Дата	Время	Температура	Ветер	Осадки	Влажность	Облачность	Скорость ветра	Направление ветра	Давление	Видимость	Состояние							
211+044	14.08.2024	08:00	0.9°	0.2°	-0.2°	98%	☀	0.03	—	0.04%	☁	100°	0	2.2	738	0.4	-10.6°	0°	—
234+022	14.08.2024	09:00	0.4°	-0.8°	-0.8°	97%	☀	0.01	—	0.01%	☁	241°	1.8	3.5	756	0.4	-11°	0°	2000
319+134	14.08.2024	09:30	-0.6°	-4.9°	-3.4°	83%	☀	0	0	1%	☁	194°	3.1	6.2	751	0.4	-0.5°	-6.1°	—
343+000	14.08.2024	10:00	-3.9°	-2.6°	-4.2°	93.3%	☀	0.96	0.55	1%	☁	188°	2.5	5.2	763	0.25	-0.3°	-4.1°	—
360+200	14.08.2024	10:00	1.9°	-2.2°	0°	97.4%	☀	1.31	0.75	0%	☁	145°	2.2	6.5	741	0.2	0°	1.2°	—
403+070	14.08.2024	09:30	0.3°	-3°	-2.8°	96.8%	☀	0.21	0.11	0%	☁	137°	3.8	6.7	746	0.02	-16.59°	-0.1°	—
434+334	14.08.2024	10:00	-0.9°	2.2°	1.2°	100%	☀	0	0	0%	☁	191°	5	9.5	751	0.25	0°	-0.6°	—
448+030	14.08.2024	10:00	-0.3°	—	—	87.7%	☀	0	0	—	☁	230°	3.9	7.2	751	—	—	2.1°	—
571+370	14.08.2024	10:00	1.6°	-2.9°	1.7°	98.1%	☀	0	0	0%	☁	168°	2.2	4.7	746	0.2	0°	1.3°	—
607+540	14.08.2024	10:00	-1.3°	-1.8°	-4.2°	99%	☀	0	0	0%	☁	202°	2.7	6	741	0.05	0°	-1.8°	—
647+080	14.08.2024	10:00	3.3°	-0.3°	-3.2°	100%	☀	0	0.02	22%	☁	203°	2.3	5.5	738	0.25	-19.34°	3.3°	—
689+130	14.08.2024	10:00	2.9°	-0.6°	1.9°	98.6%	☀	2.06	1.08	—	☁	229°	2.3	4.7	741	—	—	2.3°	—
721+030	14.08.2024	10:00	0.8°	-0.4°	-0.7°	97.8%	☀	1.11	0.82	0%	☁	244°	2.1	3.8	741	0.2	0°	0.9°	—
739+030	14.08.2024	10:00	-2.2°	-0.9°	-1.1°	85.3%	☀	—	—	0%	☁	187°	3.5	3.8	741	0.05	0°	4.8°	—
794+080	14.08.2024	10:00	0.2°	-0.9°	-2.1°	100%	☀	0	0	1%	☁	101°	2.1	3.7	739	0.4	-0.5°	0.2°	—
830+020	14.08.2024	10:00	-3.6°	-1.0°	-4.9°	98.6%	☀	0	0	1%	☁	89°	1.5	3.2	741	0.25	-0.3°	-3.7°	—
854+030	14.08.2024	10:00	-1.9°	-1.7°	-2.4°	100%	☀	0	0	1%	☁	130°	0.4	1.1	747	0.25	-0.3°	-1.9°	—
884+030	14.08.2024	10:00	-5.6°	-0.4°	-4.2°	100%	☀	0	0	1%	☁	184°	0.4	1.9	740	0.25	-0.3°	-0.6°	—
917+030	14.08.2024	09:30	-4.9°	-3.1°	-3.2°	100%	☀	0	0	0%	☁	174°	0.6	1.4	740	0.02	0°	4.9°	—
964+030	14.08.2024	10:00	-3.3°	-1.3°	-0.1°	99.4%	☀	0	0	1%	☁	168°	0.4	3.2	740	0.25	-0.5°	-0.8°	—
101	14.08.2024	09:30	-5.4°	-2.8°	-3.2°	100%	☀	0	0	3%	☁	184°	2.2	3.7	739	0.25	-1.8°	-0.4°	—

Рис. 5. Предупреждения, которые выдает «ЦУСАД» по конкретным адресам

Программный комплекс имеет возможность работы с оборудованием практически любых как отечественных, так и зарубежных производителей, представленных на сети автомобильных дорог России. Однако следует иметь в виду тот факт, что не любое оборудование позволяет сформировать точный специализированный прогноз. Для создания прогноза температуры поверхности автомобильной дороги необходимо наличие информации о температуре нижних слоев дорожной одежды и земляного полотна. Эти данные позволяют определить направление теплового потока и соответственно рассчитать

прогноз температуры поверхности. Определить температуру в глубине дорожного покрытия можно только контактным способом, то есть установив соответствующий датчик в полотно. В связи с этим использование только бесконтактных датчиков позволяет работать лишь по факту возникновения опасного явления и делает невозможным работу на опережение. Информация о погодных условиях в зонах прохождения автомобильных дорог, состоянии покрытия, сроках и адресах затрудненного движения может быть получена организациями, предприятиями и отдельными лицами на сайтах федеральных управлений Росавтодора при наличии соответствующего допуска. И как все новые технологии, дорожная метеорология постоянно требует уточнения, модернизации, совершенствования. Направления повышения эффективности работы современной дорожной метеорологии:

- создание термомоделей участков дорог с помощью метода термокартирования, что дает возможность запустить систему так называемых «виртуальных метеорологических постов», позволяющих прогнозировать состояние дорожного покрытия участков, находящихся между метеопостами и на консольных участках дорог и имеющих индивидуальные дорожно-климатические параметры;

- использование в прогнозах данных непосредственных замеров величины солнечной радиации, повышающих точность прогнозов;

- совершенствование методов выработки управленческих решений;

- расширение способов информирования пользователей дорог об ухудшении условий проезда, включая самые современные с помощью мобильных устройств;

- подготовка системы для работы в режиме обмена метеорологической информацией с транспортными средствами;

- создание специализированного дорожного метеорологического центра для оказания дорожникам оперативной помощи при быстро изменяющихся погодных условиях.

Метеорологические датчики для дорожной метеорологии

Классические метеорологические датчики служат верой и правдой уже много лет. Их задача — накопление знаний о погоде и прогнозирование.

У дорожной метеорологии задачи сходные, но для трассы важно знать не только состояние атмосферы, но и дорожного покрытия и выдавать предупреждения о неблагоприятных явлениях. Наиболее опасно образование льда на поверхности трассы. Поэтому актуальна задача прогноза температуры дорожного покрытия. Классическими метеорологическими датчиками эту задачу решить практически невозможно, так как интерес классической метеорологии направлен на параметры атмосферы, а для прогноза опасных дорожных явлений нужно знать не только температуру поверхности покрытия дороги, но и температуру под ним. Знание этих показателей на известной глубине позволяет построить математическую модель изменения температуры поверхности дороги, обеспечив тем самым своевременный прогноз опасных явлений. Не менее важно понимать, что в данный момент находится на поверхности трассы: вода, лед, снег или противогололедный материал (ПГМ) — для определения и предотвращения опасных явлений.

Особо опасным можно считать так называемый черный лед — очень тонкая ледяная пленка на поверхности магистрали. Образование черного льда характеризуется более темным цветом асфальтового покрытия дороги. А для визуального обнаружения этого явления требуется определенный опыт или специализированный дорожный датчик, который своевременно может предупредить о возникновении обледенения дорожного полотна.

Дорожным службам не менее актуальна информация о наличии и концентрации ПГМ как для контроля работы соответствующих служб, так и для оптимизации расходов на содержание дороги. Чтобы решить эти задачи, в настоящее время используют два принципиально разных типа дорожных датчиков состояния дорожного покрытия (ДСДП). Первый тип — бесконтактные оптические датчики.

Принцип их работы достаточно прост. Поверхность дороги подсвечивается инфракрасными лазерами ближнего ИК-диапазона с различными длинами волн. Анализируя соотношение интенсивностей этих длин волн, можно получить информацию о наличии воды, льда или снега на поверхности дороги. В идеальных условиях можно также оценить и толщину их образования. Такие бесконтактные оптические датчики имеют очевидное преимущество — не требуется проводить работы по их врезке. Однако эти датчики не лишены существенных недостатков: они требуют проведения периодической калибровки на сухой и чистой дороге. При этом в области действия датчика не должно быть дорожной

разметки и трещин, а также обочины или разделительной полосы. Однако на поверхности дороги ни чистой воды, ни чистых ПГМ не бывает, что приводит к принципиально неустранимым погрешностям при попытке определить толщину отложения.

Второй тип — встраиваемые в поверхность трассы ДСДП (рис. 6). Этот тип датчиков имеет специальные электроды, расположенные на уровне поверхности дорожного покрытия, что позволяет путем анализа комплексной проводимости вычислить как толщину водной пленки, так и концентрацию ПГМ, что недоступно для бесконтактных оптических датчиков.



Рис. 6. Автоматическая дорожная метеостанция с датчиком состояния дорожного покрытия

По типу проводимости можно достоверно отличить ледяную пленку от водного раствора. Недостатки встраиваемых в поверхность дороги ДСДП — необходимость проводить работы на поверхности дороги и возможное разрушение датчика при ремонтных работах.

Температура поверхности трассы также может быть определена как оптическим методом — стандартным инфракрасным пирометром, так и встроенным в поверхность дороги датчиком температуры. У каждого

метода есть свои плюсы и минусы. Как и с ДСДП, пирометрический метод не требует вмешательства в дорожное покрытие. Однако он определяет температуру не дороги, а отложения. Также бесконтактный метод принципиально не позволяет замерить температуру на заданной глубине под поверхностью дороги. Как уже упоминалось, температура под поверхностью необходима для построения термодинамической модели, без которой невозможно получить верный прогноз температуры поверхности.

Хотелось бы также обратить внимание на разные требования, предъявляемые к датчикам атмосферных осадков у «классических» метеорологов и тех, кто занимается дорожной метеорологией. Для содержания дороги необходимо знать точное время начала выпадения осадков, их тип (дождь, снег, дождь со снегом и т. п.), а также интенсивность. Когда мы имеем дело с твердыми осадками, для нужд дорожной отрасли более существенным является не количество осадков после превращения их в воду, как это принято в метеорологии, а какой слой таких осадков образуется на поверхности дороги.

Исходя из задачи, на дорогах в подавляющем большинстве используются так называемые оптические датчики осадков. Принцип их работы достаточно прост. Капля дождя или снежинка во время снегопада пересекает один или два оптических луча, вызывая тем самым кратковременное изменение уровня сигнала в оптическом приемнике. Анализируя статистику длительности и интенсивности перекрытия луча, можно определить как тип осадков, так и их интенсивность. Следует заметить, что определению интенсивности осадков таким методом сильно уступает по абсолютной точности методам, принятым в метеорологии, использующей специальные мерные емкости, однако обеспечивает существенно большую оперативность и простоту обслуживания. Подводя итог, можно сказать, что датчики, используемые в дорожной отрасли, решают близкие к классической метеорологии задачи, но основное их назначение направлено на существенное упрощение и улучшение качества содержания дорог в безопасном состоянии.

Экономическая и социальная значимость дорожной метеорологии

Своевременная и точная информация об адресах и времени возможного образования скользкости на покрытии и рекомендации по оптимальным срокам начала работ по профилактике гололеда позволяют

дорожно-эксплуатационным службам изменить организацию проведения работ по содержанию трасс, перейдя от принципа «ликвидация последствий события» (скользкость, заносы, большое количество снежной шуги и воды на покрытии) к принципу «предупреждение события» (проведение предупреждающих мероприятий). Это сокращает расход материалов.

Например, нормы расхода противогололедных материалов для ликвидации уже образовавшегося гололеда составляют 30–50 г/м² реагента, а предварительная обработка, не позволяющая снежной массе прилипнуть к покрытию и предупреждающая образование гололеда, требует 5–15 г/м². Кроме того, расход материалов сокращается за счет знания точных адресов проблемных участков и времени возникновения проблемы. К тому же за счет четкого планирования работ, более эффективного использования дорожных машин и ликвидации так называемых «дежурных» ожиданий техники и людей, привлекаемых для ликвидации внезапно возникших осложнений, можно получить экономический эффект. Уменьшение времени наличия гололеда на проезжей части, а во многих случаях и полное его отсутствие дает ощутимые преимущества автомобильному транспорту, так как способствует повышению уровня безопасности и увеличению средней скорости движения, сокращению сроков доставки грузов и нахождения пассажиров в пути.

Значительно повышается уровень социальной значимости дорожной метеорологии. Наличие информации о дорожных условиях в режиме онлайн и их прогнозируемых изменениях на перспективу от 4 до 72 ч позволяет пользователям автомобильных дорог корректировать сроки поездок и перевозок, маршруты движения, скоростные режимы, выбирать более безопасные условия движения. Используется эта информация и при разборе обстоятельств ДТП, так как архивные данные позволяют установить фактические дорожные условия в момент происшествия. Необходимые сведения могут быть почерпнуты из многих источников: различных интернет-ресурсов, СМИ (телевидение, радио, периодические печатные издания), срочных извещений и штормовых предупреждений АСМО дорожной отрасли, они отражаются на дорожных знаках и табло со сменной информацией. Анализ использования этой информации пользователями дорог, представителями других заинтересованных организаций и предприятий показывает постоянно растущую

заинтересованность в получении текущих прогнозных материалов дорожной метеорологии.

Эксплуатация в течение нескольких лет систем метеорологического обеспечения на ряде федеральных дорог («Россия», «Каспий», «Холмогоры», «Балтия», «Кола») показала их высокую экономическую и социальную эффективность. Точность прогнозов систем дорожного метеообеспечения составляет: по времени образования скользкости — 78–82 %, по адресам образования — 81–85 %. Достигается снижение прямых затрат на зимнее содержание дорог за счет уменьшения расхода противогололедных и горюче-смазочных материалов на 10–25 %, за счет более эффективного использования техники и рабочей силы — на 10–15 %. Общехозяйственный эффект за счет снижения количества ДТП и пострадавших в них, увеличения средней скорости движения и сокращения сроков доставки грузов оценивается в 15–20 млн р/г. на 100 км дороги.

Создать единую и точную формулу определения эффективности использования АСМО невозможно, так как в каждом регионе, на каждой автомобильной дороге есть свои, влияющие на эффективность в ту или иную сторону, факторы. В их числе стоимость противогололедных материалов, местоположение баз их загрузки, состояние парка дорожных машин, интенсивность и плотность движения на обслуживаемых дорогах и т. д. Но при усредненных расчетах прослеживается тенденция положительного влияния дорожной метеорологии на экономику дорожных работ.

О подготовке специалистов дорожной метеорологии

АСМО представляет собой сложную механико-электронную систему, требующую от административного и производственного аппарата управления автомобильными дорогами специальных знаний и навыков, как в части создания и содержания элементов системы, так и в ходе ее использования при расшифровке выходных данных и планировании принимаемых мер непосредственно на дорожных объектах.

Периодически проводимое фирмами, занимающимися организацией и эксплуатацией дорожных систем метеобеспечения, ознакомление специалистов органов управления автомобильных дорог и производственных предприятий, ведущих работы по ремонту и содержанию дорог, с составом АСМО, их возможностями и приемами практического применения получаемой информации не имеет достаточного учебного уровня и системного характера. Для эффективного использования возможностей автоматизированных систем метеорологического обеспечения дорожной отрасли необходимы инженеры-дорожники, получающие специализированные знания в рамках грамотно организованного учебного процесса в высших и средних учебных заведениях, имеющих дорожные факультеты и кафедры. Помимо дорожно-эксплуатационных служб, пользующихся всеми доступными возможностями ЦУСАДа в целях получения оперативной информации о метеоусловиях на конкретном участке дороги, чтобы эффективно содержать дороги и быстро реагировать на неблагоприятные условия, данная программа полюбилась и обычным пользователям.

Выводы

Метеорология — молодое направление дорожной отрасли. В настоящее время она проходит производственную обкатку, позволяющую уточнять вопросы технической и электронной оснащённости элементов системы, действенности программного обеспечения, плотность сети дорожных метеостанций, их местоположение. Для более глубоких аналитических и научных исследований пока недостаточно статистических материалов. Поэтому сейчас говорить о каком-либо значительном влиянии автоматизированных систем метеорологического обеспечения дорожной отрасли на уровень аварийности и тяжесть дорожно-транспортных происшествий пока нет оснований. Но анализ аварийности на автомобильных дорогах федерального значения, оборудованных АСМО, наличие текущих и прогнозных метеорологических данных положительно влияют на уровень безопасности движения.

Так, например, на федеральных автомобильных дорогах, находящихся в ведении ФКУ УПРДОР «Южный Урал», общее количество ДТП по сравнению с предыдущим периодом в 2015 г. снизилось на 25 %, в 2016 г. — на 16 %, в том числе по Челябинской области соответственно на 39 и 15 %, а по Курганской области — на 5 и 17 %. При этом в Курганской области количество ДТП, в которых одной из причин были неудовлетворительные дорожные условия, в 2016 г. сократилось на 28 %. И это при ежегодном росте интенсивности движения. Более чем на 15 % уменьшилось в 2016 г. количество ДТП в Астраханской, Владимирской, Рязанской, Смоленской, Псковской областях, Алтайском крае.

Однозначно утверждать, что именно метеорологическое обеспечение повлияло на эти результаты, нельзя, но тенденции влияния АСМО на безопасность движения прослеживаются, и свой вклад в повышение уровня безопасности она вносит.

В указанных выше регионах создана разветвленная сеть дорожных метеорологических постов и центров оперативного управления, обеспечено своевременное информирование исполнителей дорожных работ и пользователей автодорог о неблагоприятных условиях. И это начинает давать результаты. Грубые расчеты подтверждают, что использование АСМО сохраняет жизнь и здоровье 3–5 человек на каждых 100 км федеральных трасс. Полная и объективная информация о метеоусловиях на автомобильных дорогах позволяет выбирать более безопасные маршруты движения, оптимальные для фактических условий параметры движения.

Cand. Phys. Math. **V.F. Shalashov**

ROAD METEOROLOGY IS AN EFFECTIVE SATELLITE FOR ROAD SAFETY

Presents solutions that help road services plan work to maintain roads in standard condition. This is an automatic road weather station (ARWS), which is installed next to the road, and the Russian digital platform “TsUSAD” for planning economic and production resources.

Keywords: *automatic road weather station, digital platform, automated meteorological support system.*