

ГЛАВА 10. МЕТЕОРОЛОГИЧЕСКИЕ ИЗМЕРЕНИЯ НА ДОРОГАХ

10.1 ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ

10.1.1 Определение

Метеорологические измерения на дорогах имеют особую ценность в странах, где возможность эксплуатации транспортной инфраструктуры в зимнее время оказывает большое влияние на национальную экономику. В некоторых странах на дорогах существуют и такие опасности как пыльные бури или извержения вулкана. Безопасность и эффективность дорожного транспорта испытывает негативное воздействие следующих условий, которые влияют на скорость, пройденный путь, сцепление покрышек колеса с дорогой и эффективность торможения: плохая видимость (обильные осадки, туман, дым, песчаная буря), сильные ветры, затопление поверхности, просадка земли, снег, переохлажденные осадки и лед.

10.1.2 Цель

Роль оператора дорожной сетью заключается в обеспечении оптимального, безопасного и свободного дорожного движения на магистральных дорогах. Принятие оперативных решений относительно выдачи информации о погоде на дорогах и начале действий по удалению льда и расчистке снега зависит от метеорологических наблюдений на дорогах, которые во все большей мере осуществляются специализированными автоматическими метеорологическими станциями (АМС). Пока эти станции должны соответствовать, насколько это практически возможно, стандартам обычных АМС, касающимся установки и параметров измерений (см. главу 1 настоящего тома), они будут иметь характеристики, конкретно определяющие их функцию, место расположения и требования к проведению измерений.

Решающее значение имеет надежность станций для метеорологических измерений на дорогах, которые предоставляют данные транспортной системе, отвечающей за принятие решений. Каждая станция будет представлять набор параметров, относящихся к ближайшей окружающей среде, которая примыкает к магистралям с высокой плотностью движения и может обеспечивать предоставление данных для повседневного прогнозирования метеорологических условий на дорогах и подачу автоматических сигналов тревоги. Таким образом, важными элементами при выборе, внедрении и управлении сетью наблюдений метеорологических измерений являются надежность оборудования и его техническое обслуживание, энергоснабжение, непрерывность связи и достоверность данных. Для решения этих задач необходимо воспользоваться преимуществами, которые дает эффективное сотрудничество между дорожными эксплуатационными службами и национальной метеорологической и гидрологической службой (НМГС).

10.1.3 Требования к метеорологическим наблюдениям на дорогах

Настоящая глава может помочь в стандартизации метеорологических измерений на дорогах на основе метода, который соответствует общим стандартам ВМО. Однако, тем пользователям, которые захотят использовать данные дорожных наблюдений в иных прикладных метеорологических целях, будут рекомендованы немаловажные отклонения от стандартных решений, к примеру, с местами установки датчиков.

Потребности операторов дорожных сетей сосредоточены в четырех основных областях (WMO, 1997; 2003):

- a) *наблюдение метеорологических условий на дорогах в режиме реального времени:* практической задачей, с одной стороны, является информирование участников дорожного движения о тех рисках (прогнозируемых или наблюдаемых), с которыми они, вероятно, столкнутся на указанных магистралях; и, с другой стороны, начало осуществления ряда действий, направленных на усиление безопасности на дорогах, таких как очищение от снега или разбрызгивание химических веществ, понижающих температуру замерзания;
- b) *повышение точности прогнозирования температуры дорожного покрытия:* данные измерений дорожных АМС являются важной исходной информацией для программ прогнозирования температуры и состояния дорожного покрытия, которые могут использоваться НМГС. Такая структура имеет возможности для обеспечения постоянных и круглосуточных наблюдений и прогностического обслуживания. На практике в распоряжении прогнозистов имеются два инструмента. Первый инструмент — это компьютерная модель для преобразования метеорологического прогноза атмосферных условий в прогноз температуры дорожного покрытия, учитывая при этом физические характеристики каждой станции. Вторым инструментом является применение алгоритма, основанного на конкретном климатологическом исследовании дорожной поверхности;
- c) *база данных дорожных климатических условий:* создание базы данных дорожных климатических условий имеет важное значение, поскольку во многих ситуациях оценка текущих событий вместе с хорошим приборным обеспечением дает возможность опытным операторам дорожных сетей преобразовывать эти данные, пользуясь климатической моделью применительно к другим, хорошо им известным местам. В некоторых случаях для моделирования этого пространственного соотношения могут быть взяты «термальные отпечатки». Регистрация дорожных метеорологических данных будет полезной для анализа предыдущих зимних метеорологических возмущений и осуществления целевых климатологических исследований на дорогах. Национальные метеорологические и гидрологические службы могут восполнить пробелы в данных, а также сравнить и обеспечить качество данных измерений, поступающих из различных источников;
- d) *достоверные данные:* лицам, ответственным за состояние дорог, не нужны слишком точные измерения (за исключением температуры дорожного покрытия). Скорее они хотят получить максимально достоверные данные. Иными словами, эти данные должны соответственно отражать реальную ситуацию, а измерительные устройства должны быть функциональными. Часто первостепенное значение имеет непрерывность связи и энергоснабжения.

10.2 СОЗДАНИЕ ДОРОЖНОЙ МЕТЕОРОЛОГИЧЕСКОЙ СТАНЦИИ

10.2.1 Стандартизированные репрезентативные измерения

Общие требования к метеорологическим станциям, местам их размещения, а также к типу и частоте измерений, определены в публикациях ВМО (WMO, 2003; 2015a). Рекомендуются точно следовать этим стандартам и другому соответствующему материалу, содержащемуся в настоящем Руководстве, при создании дорожных метеорологических станций, для того, чтобы проводить стандартизированные репрезентативные измерения, которые могут быть соотнесены с данными измерений на других дорожных станциях данной сети, а также с данными эталонных синоптических или климатологических станций, за исключением тех случаев, когда уникальные измерения метеорологических условий на дорогах требуют других стандартов, например в отношении местоположения

датчиков. Рекомендации по оптимальному размещению и плотности станций могут быть получены из местного отделения НМГС, которое может иметь доступ к климатологическим данным по конкретному региону.

Место размещения метеорологической станции выбирается таким образом, чтобы оно должным образом представляло конкретный географический регион. Дорожная метеорологическая станция будет размещаться так, чтобы наилучшим образом отражать ситуацию на дорожной сети или на конкретном участке важной магистрали, которые, как известно, подвергаются воздействию метеорологических и других опасных явлений. Станция должна прилегать поэтому к определенному участку дороги, с тем, чтобы можно было установить датчики состояния дорожного покрытия, и в этой связи может иметь место определенный компромисс между «идеальным» метеорологическим размещением и установкой датчиков. Датчики монтируются таким образом, чтобы их установка обеспечивала наилучшую оптимальную репрезентативность в пространстве и во времени измеряемых переменных величин без ненужных помех со стороны вторичных воздействий. В целом место размещения, непосредственно прилегающее к дороге, должно быть ровным, покрытым короткой травой и не затеняться зданиями или деревьями.

10.2.2 **Метаданные станции**

В любом случае, важно полностью задокументировать характеристики места размещения станции, а также спецификацию оборудования и датчиков, включая планы и фотографии места размещения. Эти метаданные (том I, глава 1, и том V, глава 1, настоящего Руководства) являются бесценными для управления работой станции и сравнения качества измерений с измерениями, проводимыми в других местах.

10.3 **НАБЛЮДАЕМЫЕ ПЕРЕМЕННЫЕ**

10.3.1 **Метеорологические измерения на дорогах**

Важные измерения на дорожных метеорологических станциях, необходимые для прогнозирования условий на дорогах, включают температуру и влажность воздуха, скорость и направление ветра, объем и тип осадков, видимость, суммарную и длинноволновую радиацию, температуру дорожного покрытия и состояние дорожной поверхности. Данные некоторых измерений, например температуры и влажности, будут использованы для прогнозирования условий, вызывающих повышенное внимание участников дорожного движения, в то время как другие данные (о ветре и видимости) могут быть предвестниками предстоящих или наблюдаемых в режиме реального времени опасных явлений; в то же самое время, другие данные (метеорологическая радиация, температура и условия дорожной поверхности) имеют конкретное значение для прогнозирования эксплуатационных характеристик дорожной поверхности.

Выбор датчиков производится в соответствии с их точностью, стабильностью, простотой в техническом обслуживании и калибровке, а также наличием электрических выходов, необходимых для подсоединения к системе автоматического сбора данных. Выбор датчиков и их установка должны соответствовать стандартной практике и рекомендациям ВМО (см. соответствующие главы в томе I настоящего Руководства), за исключением случаев их несовместимости с конкретными требованиями дорожной метеорологии. Точность измерений должна, как правило, соответствовать техническим характеристикам, изложенным в томе I, глава 1, приложение 1.A. Отметим также рекомендации по измерениям на АМС, содержащиеся в главе 1 настоящего тома.

10.3.1.1 **Температура воздуха**

Датчиком может быть термометр сопротивления (платиновый или стабильный термистр). Датчик температуры воздуха, его защита от радиации или метеорологическая будка и установка должны соответствовать руководящим указаниям, содержащимся в томе I, глава 2, при этом защита должна монтироваться на высоте 1,25–2 м над короткой стриженной травой или естественной почвой.

Проблемы измерений: датчик и метеорологическая будка не должны монтироваться над бетонными или асфальтовыми поверхностями, которые могут завышать измеряемую температуру. Экран должен устанавливаться таким образом, чтобы закрывать датчик от забрызгивания водой из-под колес проходящих мимо транспортных средств; оно может вызывать существенные ошибки измерений.

10.3.1.2 **Относительная влажность**

Гигрометрическим датчиком может быть датчик с элементом в виде тонкой электропроводимой пленки или датчик емкостного типа (том I, глава 4). Не рекомендуется психрометр со смоченным термометром из-за постоянного загрязнения увлажнителя углеводородами. Этот датчик может комбинироваться или располагаться вместе с датчиком температуры воздуха в его радиационном экране, поскольку тепловая выходная мощность датчика (самонагрев) является весьма низкой для того, чтобы влиять на измерение температуры.

Проблемы измерений: отметим, что, как и в случае датчика температуры, опасность представляет забрызгивание водой. Эксплуатационные характеристики датчика влажности зависят от последствий загрязнения, вызываемого воздействием атмосферы и транспортных средств. Регулярно должен проводиться функциональный контроль в рамках контроля качества сбора данных, а калибровка должна проверяться по меньшей мере каждые шесть месяцев, особенно перед зимним сезоном. Неправильно реагирующий датчик должен быть немедленно заменен.

10.3.1.3 **Скорость и направление ветра**

Эти переменные обычно измеряются при помощи пары датчиков чашечного и флюгерного типа, либо посредством лопастного анемометра (том I, глава 5, настоящего Руководства) с импульсным или частотным выходом. Датчики должны монтироваться на стандартной высоте в 10 м над поверхностью земли и на репрезентативной открытой территории, с тем чтобы осуществлять измерения, которым не мешают возмущения потока воздушной массы, вызываемые дорожным движением или местными препятствиями.

Проблемы измерений: потенциальными опасностями являются замерзание движущихся частей, попадание воды и коррозия, а также удар молнии.

10.3.1.4 **Осадки**

- а) *Суммарные осадки:* на автоматических станциях обычно используется прибор-самописец с опрокидывающимся ведром (том I, глава 6), в котором суммируется увеличение осадков, составляющее обычно 0,2 мм. Для измерения осадков в виде снега и других твердых осадков могут применяться обогреваемые осадкомеры. Скорость выпадения осадков может оцениваться посредством регистрации числа отсчетов в установленный интервал времени.

Проблемы измерений: осадкомер должен сохранять горизонтальное положение, а его воронка и контейнеры должны оставаться чистыми и открытыми. Дождемер с опрокидывающимся ведром не подходит для определения начала очень слабого дождя или во время длительных периодов морозной погоды. Суммарные показания

будут ниже истинных значений из-за воздействия ветра вокруг приемного отверстия, испарения из контейнеров в периоды между ливнями и потерями между краями контейнеров при сильном дожде;

- b) *выпадение и тип осадков*: имеются датчики, в которых используются электронные средства (включая подогреваемые решетки, измерения с использованием элемента проводимости и емкости) для оценки характера выпадающих на них осадков (изморозь, дождь или снег). Более четкое различие при гораздо большей стоимости обеспечивается оптическими датчиками, которые определяют характеристику осадков (размер, плотность и движение частиц) посредством рассеяния луча полупроводникового лазера.

Проблемы измерений: эти наблюдения являются весьма желательными на всех станциях, однако существующим типам датчиков не хватает дискриминационной способности и стабильной воспроизводимости результатов. Должны приниматься меры (циклы обогрева) для удаления накопившегося на поверхности снега. Необходима регулярная очистка чувствительных элементов и оптических поверхностей.

Следует устанавливать только датчики, имеющие сертификаты и возможность калибровки по надлежащему эталону. Если в какой-либо системе используется алгоритм для косвенного вывода переменной величины, этот алгоритм следует также задокументировать.

10.3.1.5 **Метеорологические радиационные параметры**

- a) *Суммарная радиация*: солнечная радиация (прямая и рассеянная), попадающая под телесным углом 2π ср на горизонтальную поверхность, должна измеряться при помощи пиранометра, оборудованного термоэлектрическими или фотоэлектрическими сенсорными элементами (том I, глава 7). Датчик должен быть размещен таким образом, чтобы над плоскостью прибора не было никаких расположенных рядом значительных препятствий и на датчик не падало никаких теней или световых отражений. Несмотря на то, что датчик должен быть размещен таким образом, чтобы предотвратить причинение ему случайного повреждения, он должен быть еще и доступен для проверки и чистки. Особое значение для оператора дорожной сети имеет суммарная радиация, измеряемая «в точке». Она характеризует количество энергии, которую получает данный участок дороги в течение дня. Отношение поступающей радиации к температуре дороги и инерции дороги будет зависеть от составных материалов и размеров дорожной массы.

Проблемы измерений: закрытие горизонта датчика; неровная установка датчика; грязная поверхность; снег или иней, закрывающий стеклянный купол или сенсорную поверхность, и конденсация воды внутри стеклянного купола;

- b) *длинноволновая радиация*: может быть использован пиргеометр, который измеряет радиацию в инфракрасном диапазоне при помощи термопреобразователя, фильтрующего видимый спектр. Будучи смонтированным вместе с датчиком, направленным вниз и на достаточно открытый горизонт, он определяет длинноволновую радиацию, поступающую из атмосферы, в частности в темное время суток, и дает сведения об облачности и, соответственно, о радиационном охлаждении на дорогах. Достаточным для целей прогнозирования погодных условий на дорогах является датчик чувствительный к спектру 5–50 мкм, максимальной чувствительностью 15 мкм/Вт⁻² и временем реакции менее 5 с.

Проблемы измерений: см. проблемы, связанные с суммарной радиацией.

10.3.1.6 **Видимость**

Могут применяться трансмиссометры и измерители прямого рассеяния (том I, глава 9, настоящего Руководства).

Проблемы измерения: операторы дорожных сетей заинтересованы в данных о видимости менее 200 м (порог опасности). Важное значение имеет чистота окон и линз датчиков. Некоторые системы будут компенсировать в определенной степени загрязнение окон. Во время планового технического обслуживания следует осуществлять соответствующую процедуру калибровки.

10.3.1.7 **Температура дорожного покрытия**

Имеются активные датчики на основе 100 Ом платинового резистора и обеспечивающие цифровую последовательную передачу данных, которые могут быть установлены в поверхность дороги. Следует выполнять инструкции производителя, касающиеся установки датчика, его кабельного подключения и прикрепления к дорожному покрытию. Датчик должен размещаться за полосой движения автомобильных колес, поскольку в противном случае поверхность датчика будет загрязнена, а данные измерений искажены из-за тепла, образуемого трением. Датчик должен быть вмонтирован в ровной поверхности дороги без каких-либо углублений, в которых вода может собираться и влиять на измерение. Правильность расположения датчика должна проверяться на регулярной основе.

Проблемы измерений: время нагрева (постоянная времени) датчика и того материала, в который он вмонтирован, должны соответствовать составу дорожного покрытия. Датчик должен иметь поверхность с низким показателем поглощения инфракрасного излучения, с тем чтобы минимизировать вызываемую радиацией ошибку. Для длинных соединительных кабелей (более 20 м) рекомендуется компенсация кабельного сопротивления.

10.3.1.8 **Температура грунта**

Температура грунта на глубине 5, 10 и 20 см ниже поверхности дороги может определяться посредством установки должным образом защищенных электрических датчиков сопротивления на соответствующие глубины и использования подходящего связывающего материала.

Проблемы измерения: см. проблемы, связанные с температурой дорожного покрытия.

10.3.1.9 **Состояние дорожного покрытия и температура замерзания**

Этот датчик оценивает состояние дорожного покрытия (сухое, влажное, иней, лед) и температуру замерзания оставшейся на поверхности воды. Контрольная цепь датчика нагревает его, не допуская охлаждения, используя для этого эффект Пельтье. Скорость охлаждения является функцией состояния поверхности и температуры замерзания. См. также том I, глава 6, относительно льда на дорожном покрытии. Выходные данные датчика должны обеспечить операторов дорожных сетей сведениями о наличии химического противогололедного вещества в конкретном месте и дать им возможность оптимизировать действия по разбрызгиванию химического вещества.

Проблемы измерений: датчик не должен быть закрыт чужеродным материалом или при нанесении нового дорожного покрытия. Датчик требует регулярной чистки. Трудно обеспечить реагирование датчика, которое является репрезентативным для подлинного состояния дорожного покрытия из-за малой площади выборочных измерений, места дорожного покрытия и отклонений при практической установке. Измерение зависит от плотности дорожного движения и, в противном случае, со временем не является стабильным. Может возникнуть трудность с применением датчика, у которого мало альтернативных моделей. Дистанционное зондирование температуры дорожной

поверхности при помощи тепловых инфракрасных датчиков обычно является практически невозможным из-за помех, создаваемых забрызгиванием водой, летящей из-под колес автомобилей. Оценка риска гололеда на поверхности дороги может быть улучшена благодаря более точному измерению температуры, влажности и температуры воздуха вблизи дорожного покрытия, а именно благодаря более точной установке датчика и уменьшению систематических и случайных ошибок.

10.3.1.10 **Видеонаблюдение**

Видеонаблюдение — это компонент того, что стало называться умными транспортными системами. Они используются, главным образом, для обнаружения дорожных аварий, а также для предоставления полезных сведений о текущей погоде в целях управления транспортным движением. Алгоритмы обработки изображений будут способствовать распознаванию разных погодных условий.

10.4 **ВЫБОР ОБОРУДОВАНИЯ ДЛЯ ДОРОЖНОЙ МЕТЕОРОЛОГИЧЕСКОЙ СТАНЦИИ**

В главе 1 настоящего тома приводится информация, которая может быть использована для применений, связанных с метеорологическими измерениями на дорогах.

В последующих разделах внимание обращается на конкретные вопросы и проблемы, вытекающие из опыта управления дорожными сетями, в частности необходимости высокой эффективности работы в тех случаях, когда безопасность населения является первоочередной задачей.

10.4.1 **Экологические условия на дорогах**

Дорожная метеорологическая станция подвергается значительному стрессу из-за близости к дороге: вибрация, помехи от систем зажигания автомашин, выброс загрязняющих веществ, коррозия из-за разбрызгивания соляного раствора и негативное влияние населения. В некотором отношении можно считать, что станция действует в условиях промышленной окружающей среды, и все это предполагает прочность конструкции и озабоченность по поводу целостности данных. Часто встречающиеся проблемы включают: отсутствие защиты от перенапряжения в цепях сопряжения датчика; недостаточная электроизоляция между датчиками, кабелями датчиков и блоком сбора данных; переменное сопротивление соединительного контакта, вызывающее дрейф калибровки; сбой измерения и необходимость дополнительного технического обслуживания.

10.4.2 **Обрабатывающая способность удаленной станции**

Конструкция АМС модифицирована для того, чтобы расширить возможности по обработке и хранению данных в удаленном блоке для сбора данных, с тем чтобы применять алгоритмы обработки, которые действуют для нескольких сигналов датчиков, и получать комплексные выходные данные; гарантировать определенный уровень качества данных; обеспечивать двустороннюю связь между контрольным центром и удаленными блоками для диагностики эффективности работы как датчика, так и блоков; и обеспечивать загрузку новых алгоритмов и обновление программного обеспечения в удаленных блоках. С другой стороны, более надежную и менее дорогостоящую комплексную систему представляет собой сеть удаленных станций, которые являются не более сложными, чем это необходимо, для надежного сбора данных, а также центральный компьютер для контроля и сбора данных, в котором осуществляется обработка более сложных алгоритмов, обеспечение качества и преобразование кода, а также более высокий уровень обработки данных для решений, связанных с управлением дорожной сетью. От лиц, связанных с осуществлением сети метеорологических измерений на

дорогах, требуется рассмотрение вопроса о гибких и более оперативных решениях в отношении оборудования с вариантами мощного программного обеспечения для обработки данных датчиков и контроля системы.

Процесс обработки данных станцией может включать: контроль цикла измерений (начало, частота, сроки и дата); комплексное управление датчиком (включение/выключение энергоснабжения, режим выборочных измерений); обработку сигнала датчика (фильтрация, преобразование в научные единицы, алгоритмы); проверки качества данных; формирование сигнала опасности (переменные величины вне установленных пределов, частичный сбой системы, нарушение пригодности станции к эксплуатации); хранение данных (краткосрочное хранение и архивирование); формирование исходящего сообщения (кодированная форма, протокол связи); управление связью и обслуживание станции (энергоснабжение, проверки датчиков, связь).

10.4.3 **Конфигурация сети и варианты оборудования**

При выборе оборудования для станции, системы связи и контроля сети (сетевая инфраструктура) необходимо учитывать конкретные запросы дорожной метеорологии и процесс принятия решений лицами, отвечающими за управление дорожной сетью. На этот выбор существенно повлияют отношения между организацией, эксплуатирующей сеть дорог, и местной НМГС. Например, орган, отвечающий за эксплуатацию дорожной сети, может заключить договор с НМГС о предоставлении услуг по прогнозированию метеорологических условий на дорогах и конкретных данных о дорогах, к которым операторы дорожной сети применяют свои физические (метеорологические) условия для принятия оперативных решений. В подобном случае будет логично, если станции дорожной сети будут представлять собой продолжение сети АМС НМГС, используя общее аппаратное обеспечение станций, службу связи и техническое обслуживание с уделением особого внимания при этом надежности данной сети, и располагать специальными датчиками, алгоритмами и программным обеспечением для решения задач, связанных с метеорологическими измерениями на дорогах. В то же время, если подобная тесная интеграция является практически невозможной, орган, отвечающий за эксплуатацию дорог, может, тем не менее, пожелать обеспечить определенную унификацию с системами НМГС, с тем чтобы воспользоваться ее оперативным опытом и возможностью снабжения аппаратным обеспечением и запасными частями.

В том случае, если требуется абсолютно новая или отдельная сеть, рекомендуются следующие руководящие указания в отношении выбора оборудования для сбора данных и обеспечения связи. Вместо того, чтобы разрабатывать новое аппаратное и программное обеспечение для метеорологических измерений на дорогах, разумно использовать существующие и зарекомендовавшие себя системы, изготавливаемые пользующимися хорошей репутацией производителями и источниками, с единственной необходимой адаптацией применительно к дорожной сети, а также воспользоваться опытом и рекомендациями других операторов дорожной сети. Оборудование и его программное обеспечение должны быть модульными для того, чтобы позволить добавление в будущем датчиков и внесение изменений в их спецификации. В целях содействия расширению сети через несколько лет будет весьма полезно, если аппаратное обеспечение будет спроектировано на основе стандартизированных моделей на базе стабильного промышленного производства, когда последующие модели являются технически совместимыми с моделями предыдущих поколений.

10.4.4 **Конструирование для обеспечения надежности**

Модули для обработки данных должны иметь промышленную стандартную архитектуру с надежными стандартными операционными системами, которые характеризуются хорошо управляемой процедурой обновления. Прикладное программное обеспечение должно быть написано на стандартном языке и хорошо задокументировано. Для достижения желаемой надежности могут быть отобраны специальные промышленные компоненты и модули. Более дешевой альтернативой может быть использование

стандартных коммерческих моделей с дублирующими параллельными или резервными системами для обеспечения надежности системы. Особое внимание необходимо уделять дистанционному устройству для энергоснабжения. Может быть рекомендовано непрерывное энергоснабжение, однако следует признать, что системы связи будут также зависеть от функционирования местного источника энергоснабжения.

Какой бы ни была конструкция системы, ее надежность значительно повысится благодаря размещению электронных компонентов в прочной, коррозионностойкой, защищенной от перепадов температуры оболочке, в которую не проникает пыль и влага. Соединительные элементы, по которым проходят сигналы датчика, должны быть высококачественными в соответствии с классификацией, отвечающей требованиям промышленных или военного назначения стандартов, и хорошо защищенными от деформации кабеля, проникновения воды и коррозии. Кабельные соединения датчика должны иметь заземленный экран и прочную водонепроницаемую изолирующую оболочку и закладываться в кабельный канал.

Особое внимание следует уделять снижению воздействия электрического шума или помех, проникающих в систему сбора данных через кабели датчика, линии электроснабжения или связи. Эти нежелательные электрические сигналы могут явиться причиной ошибок в сигналах датчика и искажения данных, а также вызывать сбой в работе электронного оборудования, особенно в чувствительных цепях сопряжения. Большое внимание необходимо уделять: конструкции датчика и изоляции линии связи, а также защите от перенапряжения, включая надлежащий уровень защиты от атмосферного электричества; должному заземлению датчиков, систем электроснабжения, коммуникационных модемов и электрошкафов; и защите при помощи заземленного экрана всех частей цепи измерений, избегая при этом контурных токов заземления, которые могут вызывать ошибки в измерениях.

Надежности системы будет в значительной мере способствовать оптимальная стандартизированная практика установки и технического обслуживания. Надежность системы также связана со «средним временем ремонта», которое включает время на обработку вызова и поездку работников технического обслуживания для замены оборудования, используя для этого запасные цельные блоки и модули.

10.5 КОДИРОВАНИЕ СООБЩЕНИЙ

10.5.1 Функции кодирования

Сообщение, переданное с удаленной дорожной метеорологической станции, будет содержать идентификатор станции, время и дату сообщения, данные каналов датчика, включая идентификатор каналов, и некоторые данные о «состоянии» станции, которые могут включать информацию о безопасности, энергоснабжении и калибровке станции и о других проверках качества данных. Это сообщение будет содержаться в кодовом пакете, соответствующем каналу связи, с заголовком, содержащим адрес, а также символы, относящиеся к управляющей информации и проверке избыточности для обеспечения выявления ошибки. Часть сообщения с данными о дорожных метеорологических условиях может быть закодирована любым эффективным, недвусмысленным способом, который позволяет центральному компьютеру управления и сбора данных декодировать и обработать сообщение перед тем, как передавать доступную для понимания инструктивную информацию операторам дорожной сети для принятия ими решения.

10.5.2 Руководство ВМО по кодированию

Разработчикам сетей метеорологических измерений на дорогах следует также принимать во внимание руководство по кодированию сообщений ВМО (см. ВМО, 2011), которое дает возможность другим пользователям, таким как НМГС, получать данные в определенной форме и использовать их в других метеорологических применениях. Подобное

кодирование сообщений может осуществляться на удаленной АМС, что предъявляет определенные требования в отношении программного обеспечения станции и обработки данных или, что более вероятно, к центральному компьютеру управления и сбора данных после завершения любых операций по обеспечению качества этих данных.

10.6 ЦЕНТРАЛЬНЫЙ КОМПЬЮТЕР УПРАВЛЕНИЯ И СБОРА ДАННЫХ

О функциях центрального компьютера (или компьютеров) уже упоминалось. К этим функциям относится управление сетью посредством контролирования сообщений (см. ниже), получение сводок (сообщения о метеорологических условиях на дорогах, сообщения о состоянии АМС и информация о качестве) и обработка данных дорожных измерений для предоставления операторам дорожных сетей оперативной информации и тех возможностей для принятия решений, в которых они нуждаются. Архитектура сети может быть разработана таким образом, чтобы центральный компьютер мог действовать в качестве сервера интрасети или веб-сервера для обеспечения простого доступа к этой информации для региональных операторов и других пользователей метеорологических данных.

Отдельный компьютер будет, возможно, выделен для управления базой климатических данных дорожной сети и для подготовки и распространения аналитической информации и статистических резюме. В комплексной сети центральный компьютер будет управлять определенными операциями по техническому обслуживанию и калибровке, менять рабочие режимы АМС и обновлять программное обеспечение АМС.

10.7 К ВОПРОСУ О СВЯЗИ

Исключительно важное значение имеет надежное телекоммуникационное обслуживание, которое обеспечивает эффективное управление сетью станций и своевременное предоставление ею требуемых данных. Поскольку затраты на связь составят большую часть стоимости эксплуатации, важное значение имеет анализ вариантов связи, с тем чтобы можно было оптимизировать издержки в расчете на одно сообщение сообразно уровню требуемого обслуживания. Подробный обзор вариантов телесвязи для сбора данных и управления дорожной АМС выходит за рамки этой главы (см. главу 1 настоящего тома, где речь идет о руководящих указаниях относительно передачи данных). Сделанное в отношении связи решение будет зависеть от управленческих задач сети метеорологических наблюдений на дорогах и от обслуживания, предлагаемого поставщиками телекоммуникационных услуг данной страны и сопутствующих им тарифов.

10.8 ОБРАБОТКА СИГНАЛОВ ДАТЧИКА И ФОРМИРОВАНИЕ СИГНАЛОВ ОПАСНОСТИ

10.8.1 Алгоритмы обработки сигналов

Исходные данные сигналов от датчиков должны быть обработаны или отфильтрованы для получения репрезентативных средних значений. Это делается либо в некоторых активных датчиках, в интерфейсе датчика в блоке сбора данных, либо на более высоком уровне обработки данных – на станции. С техническими требованиями к усреднению выходных данных датчика можно ознакомиться в томе I, глава 1, приложение 1.А, настоящего Руководства.

Алгоритмы, которые применяются к выходным данным датчика (или группам выходных данных) либо на удаленной станции, либо в центральном компьютере, должны быть заданы авторитетными источниками, пройти тщательную проверку и желательно

быть опубликованными в открытой литературе. Любые алгоритмы для внутреннего пользования, принятые руководством дорожной сети, должны быть четко определены и зарегистрированы в метаданных станции или в наставлениях по работе сети.

10.8.2 Формирование сигналов опасности

Сигналы опасности могут формироваться на основе выходных данных датчика, когда величины превосходят заранее установленные пределы, в результате чего АМС направляет сигналы опасности. Выбор сигналов опасности и испытания для определения предела нормы будут зависеть от национальной или региональной практики. Ниже приводятся некоторые примеры сигналов опасности от дорожной АМС. Отметим использование в алгоритмах логических комбинаций «и» и «или».

Примеры сигналов опасности включают:

- Сигнал опасности 1: $t(\text{воздух})$ ИЛИ $t(\text{дорожное покрытие}) \geq 3\text{ }^{\circ}\text{C}$
И
 $t(\text{экстраполированное дорожное покрытие})^a \leq 1\text{ }^{\circ}\text{C}$
- Сигнал опасности 2: $t(\text{воздух}) \leq 0\text{ }^{\circ}\text{C}$
- Сигнал опасности 3: Первое условие
 $t(\text{дорожное покрытие}) \leq 1\text{ }^{\circ}\text{C}$
ИЛИ $t(\text{экстраполированное дорожное покрытие}) \leq 0\text{ }^{\circ}\text{C}$
ИЛИ $t(\text{покрытие на глубине } -5\text{ см}) \leq 0\text{ }^{\circ}\text{C}$
ИЛИ $t(\text{покрытие на глубине } -10\text{ см}) \leq -1\text{ }^{\circ}\text{C}$
ИЛИ $t(\text{покрытие на глубине } -20\text{ см}) \leq -2\text{ }^{\circ}\text{C}$
И
Второе условие
Проезжая часть дороги не сухая
ИЛИ по меньшей мере одно выпадение осадков за прошедший час
ИЛИ относительная влажность $\geq 95\%$
ИЛИ $t(\text{дорожное покрытие}) - t(\text{точка росы}) \leq 1\text{ }^{\circ}\text{C}$
- Сигнал опасности 4: $t(\text{дорожное покрытие}) \leq 0\text{ }^{\circ}\text{C}$
И
зарегистрированное состояние: изморозь или «черный лед»
- Сигнал опасности 5: Первое условие
Зарегистрированные осадки = снег или град
И
Второе условие
 $t(\text{воздух}) \leq 2\text{ }^{\circ}\text{C}$
ИЛИ $t(\text{дорожное покрытие}) \leq 0\text{ }^{\circ}\text{C}$
- Сигнал опасности 6: Средняя скорость ветра $\geq 11\text{ м}\cdot\text{с}^{-1}$
И
Направление ветра относительно азимута дороги,
 $45^{\circ}\text{--}135^{\circ}$ ИЛИ $225^{\circ}\text{--}315^{\circ}$
- Сигнал опасности 7: Видимость $\leq 200\text{ м}$

а Экстраполированная температура дорожного покрытия рассчитывается при помощи алгоритма, учитывающего последние измерения и формирующего квадратичное уравнение. Это может быть использовано для расчета оценочных значений температуры в последующие 3 ч.

Могут быть определены другие сигналы тревоги, если обнаруживаются дефекты в датчиках, форматах сообщений, электроснабжении или связи.

10.9 КОНТРОЛЬ КАЧЕСТВА ИЗМЕРЕНИЙ

Принятие взвешенных решений дорожным управлением зависит от достоверных данных измерений, и поэтому, когда у датчиков, их кабельного соединения или интерфейсов в

АМС появляется дефект, то дефективный блок выявляется и ремонтируется без лишней задержки. Оператору дорожной сети очень трудно выявлять ошибочные измерения. Следует сделать ссылку на руководство по контролю качества, изложенное в главе 1 настоящего тома, и в томе V, глава 1. Крупные дефекты датчика могут выявляться системным программным обеспечением АМС, которое должно сообщить после этого о появлении тревожной ситуации.

10.9.1 Проверка сомнительных значений

Данные измерений, которые выходят за пределы предполагаемого оперативного диапазона датчика, могут не приниматься во внимание благодаря установлению пределов для каждой переменной. Например, значения направления ветра могут быть ограничены диапазоном 0° – 359° для ветряного флюгера. Если имели место нулевой сигнал на выходе, быстрый дрейф или скачкообразное изменение в реакции датчика, недействительные данные измерений могут не приниматься программным обеспечением, которое осуществляет статистический анализ данных измерений во времени либо на АМС, если она имеет достаточную мощность для обработки данных, либо в центральном компьютере для сбора данных. В некоторых нижеследующих примерах стандартное отклонение последних величин n сравнивается с параметризованным пороговым значением.

Примеры проверочных алгоритмов (только для метеорологических измерений на дорогах) включают следующее:

- a) *тест для всех температур*: данные принимаются только если стандартное отклонение последних 30 значений $\geq 0,2^{\circ}\text{C}$;
- b) *тест для скорости ветра*: данные принимаются только если стандартное отклонение последних 20 значений $\geq 1 \text{ км}\cdot\text{ч}^{-1}$;
- c) *тест для направления ветра*: данные принимаются только если стандартное отклонение последних 30 значений $\geq 10^{\circ}$;
- d) *тест для жидких осадков*: сверить совместимость количества с отчетом за предыдущий день;
- e) *тест для осадков в виде снега*: проверить данные, если $t(\text{воздух}) > 4^{\circ}\text{C}$;
- f) *тест для атмосферной длинноволновой радиации (AR) (относительно облачного покрова)*: данные не принимаются, если $AR > 130 \text{ Вт}\cdot\text{м}^{-2}$, если относительная влажность $> 97\%$ и $AR > 10 \text{ Вт}\cdot\text{м}^{-2}$, и если относительная влажность $\geq 90\%$ и $AR > 10 \text{ Вт}\cdot\text{м}^{-2}$ в течение четырех последовательных часов.

10.10 ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБСЛУЖИВАНИЕ ДОРОЖНОЙ МЕТЕОРОЛОГИЧЕСКОЙ СТАНЦИИ

10.10.1 Дорожная окружающая среда

В отношении разделов, касающихся инспекции, технического обслуживания и калибровки, следует сделать ссылку на том I, глава 1, и главу 1 настоящего тома. Главы тома I содержат рекомендации по техническому обслуживанию и калибровке конкретных датчиков. Отметим, однако, что дорожная АМС существует в окружающей среде с особыми проблемами: уязвимость АМС и ее датчиков для случайного или умышленного вреда; подверженность сильному загрязнению выхлопными газами автомашин; электрические помехи от системы зажигания автомашин и близлежащих линий электропередачи высокого напряжения; коррозия от разбрызгивания соли и вибрация (затрагивающая соединения между датчиками и кабелями).

10.10.2 Планы и документация технического обслуживания

Поскольку оперативные решения, касающиеся безопасности на дорогах, могут в значительной мере зависеть от достоверных данных АМС, существуют строгие требования в отношении технического обслуживания конкретных станций в определенное время года. Эти соображения изложены в плане управления техническим обслуживанием для данной сети, который должен включать регулярное плановое профилактическое и техническое обслуживание, а также эффективное реагирование на сообщение о неисправном состоянии.

Администрация дорожной сети должна иметь свое собственное наставление по техническому обслуживанию ее дорожных метеорологических станций, основу которого составляют рекомендации производителя оборудования; информация, почерпнутая из настоящего Руководства и своего собственного опыта. Хорошее наставление содержит контрольные списки в целях оказания содействия проведению инспекции и выполнению задач, связанных с техническим обслуживанием. Администрация может решить заключить договор об инспекции и техническом обслуживании с местной НМГС, которая должна обладать опытом работы с этим видом приборного обеспечения.

10.10.3 Инспекции и программы работы

На каждой станции два раза в год должна осуществляться программа полного технического обслуживания, в которую входят техническое обслуживание места размещения станции (стрижка травы и растительности, которые могут повлиять на установку датчика); проверка ограждений на предмет проникания воды и замена поглотителей влаги; ремонт и покраска ограждений, которые подверглись воздействию атмосферы и коррозии, а также экранов и опор; проверка целостности кабелей и соединений; чистка и выравнивание датчиков (отметим проблемы измерения, упомянутые ранее); и калибровка или замена датчиков и сети измерений АМС.

Операторы дорожной сети должны осуществлять программу инспекции для проверки целостности и надлежащего функционирования своих станций один раз в месяц зимой и раз в два месяца летом. При проведении любых работ на дорожном покрытии должны выставляться регулирующие предупредительные знаки, а работники должны носить одежду, предусмотренную техникой безопасности.

10.11 ПОДГОТОВКА КАДРОВ

Управление сетью дорожных метеорологических станций, ее эксплуатация и техническое обслуживание в целях получения непрерывного потока достоверных данных, а также интерпретация этих данных для предоставления значимой информации — все это требует наличия персонала со специальной профессиональной подготовкой по необходимым дисциплинам. К числу некоторых из этих областей профессиональной компетенции относятся экологические условия на дорогах и оперативное принятие решений для обеспечения безопасного и эффективного движения транспорта; дистанционный сбор данных, телекоммуникации и компьютерные расчеты; выбор, применение и техническое обслуживание метеорологических датчиков и обработка их сигналов; и интерпретация метеорологических и других данных в оперативном контексте. Администрации, отвечающей за дорожную сеть, следует сотрудничать, по мере необходимости, с другими учреждениями для поддержания требуемого уровня знаний и профессиональной подготовки в целях успешного функционирования сети метеорологических измерений на дорогах.

СПРАВОЧНАЯ И ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ ЛИТЕРАТУРА

- Всемирная метеорологическая организация, 2011: *Наставление по кодам* (ВМО-№ 306), том I.1 и I.2. Женева.
- , 2015a (обновлено в 2018 г.): *Технический регламент* (ВМО-№ 49), том I. Женева.
- , 2015b (обновлено в 2017 г.): *Наставление по Глобальной системе наблюдений* (ВМО-№ 544), том I. Женева.
- World Road Association (PIARC), 2002: *Proceedings of the Eleventh PIARC International Winter Road Congress* (Sapporo, Japan).
- World Meteorological Organization, 1997: *Road Meteorological Observations* (R.E.W. Pettifer and J. Terpstra). Instruments and Observing Methods Report No. 61 (WMO/TD-No. 842). Geneva.
- , 2003: *Road Managers and Meteorologists over Road Meteorological Observations: The Result of Questionnaires* (J.M. Terpstra and T. Ledent). Instruments and Observing Methods Report No. 77 (WMO/TD-No. 1159). Geneva.
-