УДК 551.508.77: 535.015

В.В. Кальчихин, А.А. Кобзев, И.М. Краснолобов, А.А. Тихомиров

Система устранения внешних естественных помех в измерительном канале оптического осадкомера

Приведено описание оптического осадкомера, принцип работы которого основан на методе получения и анализа теневых изображений частиц атмосферных осадков. Разработана система устранения помех, вызванных наличием влаги на поверхностях оптических окон прибора. Решение основано на применении электрической системы подогрева поверхности оптических окон, управляемой по специально разработанному алгоритму. Приведено описание реализации системы подогрева.

Ключевые слова: оптический осадкомер, атмосферные осадки, помехи, алгоритм, система подогрева.

doi: 10.21293/1818-0442-2016-19-2-35-37

С развитием техники и технологии все большее количество рутинных задач переходит под контроль автоматизированных систем и комплексов. Применение современных метеоприборов и датчиков позволяет организовывать сетевые наблюдения за изменением метеовеличин, что существенно повышает ценность информации при уменьшении времени, затрачиваемого наблюдателем на контроль. Для решения задачи своевременного получения достоверной метеорологической информации современные измерители должны не только функционировать в автоматическом режиме, но и иметь возможность общей самодиагностики и даже схему автоматического устранения неисправностей.

Несмотря на простоту измерения сумм выпадающих атмосферных осадков с помощью осадкомерного ведра [1], задача автоматизации этого процесса далека от окончательного решения. Разработано много методов и соответствующих приборов для автоматического измерения параметров атмосферных осадков [2]. Одним из наиболее эффективных направлений развития этих средств измерений является разработка и создание оптических измерителей характеристик осадков.

Помимо возможностей автоматической и автономной работы, оптический осадкомер существенно расширяет перечень измеряемых характеристик атмосферных осадков. Он способен определять параметры микроструктуры осадков (распределение частиц по размерам и по скоростям падения) и интегральные характеристики (сумму, интенсивность, водность, радиолокационную отражаемость и кинетическую энергию) осадков, эффективно выполнять функцию датчика начала и окончания осадков, определять вид осадков на основании анализа микроструктурных характеристик. Оптический осадкомер лишен многих недостатков традиционных измерителей, к числу которых, например, относятся ошибки, связанные со смачиванием, испарением и влиянием ветра. Конструкция прибора, как правило, лишена подвижных узлов, прибор прост в установке и обслуживании.

Описание работы оптического осадкомера

В оптическом осадкомере, разработанном в лаборатории экологического приборостроения ИМ-

КЭС СО РАН, применяется метод получения и анализа теневых изображений частиц атмосферных осадков [3]. Сутью метода является определение характеристик выпадающих осадков на основании измерения размеров теней для каждой из зарегистрированных частиц, проходящих сквозь измерительную площадку под действием силы тяжести. Для реализации данного метода плоский горизонтальный коллимированный световой поток от источника попадает на линейный массив из 768 светочувствительных элементов (линейный сенсор), формируя измерительный канал (рис. 1). Высокая частота сканирования сенсора (порядка 20 кГц) обеспечивает возможность многократного измерения горизонтального сечения тени каждой частицы по мере ее прохождения через измерительную площадку. Количество измерений тени каждой частицы определяется ее вертикальным размером и скоростью падения. Для обеспечения жесткости конструкции блоки источника и приемника помещены в единый корпус с вырезом размером 100×100 мм для прохождения частиц атмосферных осадков. Размер измерительной площадки, через которую свободно проходят частицы осадков (см. рис. 1), определяется шириной измерительного канала (48 мм), а также открытым расстоянием между источником и приемником (100 мм). Компоненты источника и приемника закрыты от воздействия окружающей среды защитными оптическими окнами.

На основании данных измерения параметров отдельных частиц происходит определение микроструктурных [4] и расчет интегральных характеристик атмосферных осадков, перечисленных выше.

Рис. 1. Схема формирования измерительной площадки оптического осадкомера

Помехи в измерительном канале

Для проведения натурных испытаний экспериментальный образец оптического осадкомера был установлен на метеорологической площадке ИМКЭС СО РАН (рис. 2). В ходе проведения натурных испытаний обнаружился ряд особенностей применения оптических методов для решения задачи измерения осадков. Наиболее существенные из них связаны с регистрацией объектов, не относящихся к падающим частицам измерительных осадков: загрязнение, насекомые, наличие влаги на оптических окнах источника и приемника оптического излучения (брызги, запотевание-роса, изморозь-иней). Эти факторы вызывают помехи в измерительном канале и ошибочные результаты, а в некоторых случаях приводят к сбоям в работе прибора. Влияние первых двух факторов исключается применением фильтрации измерительных данных путем проверки соответствия характеристик регистрируемых объектов ряду условий. Появление капель в результате разбрызгивания устраняется установкой брызгозащиты.

Рис. 2. Метеорологическая площадка ИМКЭС СО РАН: 1 – оптический осадкомер; 2 – челночный осадкомер; 3 – осадкомер О-1

Появление на оптических окнах прибора влаги в результате конденсации связано с резким изменением метеорологических условий. В теплое время года влага на внешней поверхности оптических окон прибора образуется при выпадении росы, а на внутренней поверхности – в случае попадания влаги внутрь корпуса излучателя и/или приемника оптического осадкомера. В холодное время года при резком падении температуры на окнах также образуется пленка воды, которая, замерзая, превращается в непрозрачное ледяное покрытие.

После натурных испытаний нами реализовано решение данной проблемы, которое основано на применении электрической системы подогрева оп-

тических окон, управляемой по специально разработанному алгоритму.

Описание алгоритма управления

Микропроцессор 1986BE1 (рис. 3) производит все необходимые операции для управления прибором, он выполняет обработку данных с выходов линейного сенсора, производит вычисления и управляет системой подогрева. Вычислитель предназначен непосредственно для анализа принимаемых сигналов с линейного сенсора и расчета размера зарегистрированных теней. При регистрации непрерывной тени с неизменным размером в течение 1 с вычислитель делает вывод о вероятном нахождении влаги на оптических окнах прибора, включает режим работы «Автоматическое устранение неисправности» (режим АУН) и подает команду пропорционально-интегрально-дифференцирующему (ПИД) регулятору для включения подогрева. ПИД-регулятор осуществляет плавное включение/выключение подогрева и регулирует мощность, стабилизируя значение температуры нагревателя. В режиме АУН вычислитель продолжает анализировать наличие тени помехи, сигнализирующее о вероятном нахождении влаги. Если помеха исчезла, то прибор переходит в нормальный режим работы. Если работоспособность прибора не восстановилась в течение 20 мин, осадкомер переводится в состояние «Обнаружена неустранимая неисправность», требующее вмешательства обслуживающего персонала.

Рис. 3. Схема реализации системы подогрева оптического окна

Реализация системы подогрева оптических окон оптического осадкомера

Нагреватель представляет собой 5 резисторов общим сопротивлением 60 Ом, заключенных в алюминиевый держатель оптических окон источника и приемника (рис. 4). При питании от напряжения 27 В максимальная мощность, выделяемая нагревателем, составляет 12 Вт. Управление нагревателем производится с помощью ключа на МДП-транзисторе, на который с микропроцессора подается сигнал с широтно-импульсной модуляцией частотой 100 Гц, что позволяет плавно регулировать выделяемую на нагревателе мощность. Микропроцессор с помощью аналого-цифрового преобразователя оцифровывает напряжение на делителе, составленном из постоянного резистора и терморезистора с отрицательным температурным коэффициентом сопротивления. Далее из полученного напряжения микроконтроллер вычисляет температуру и передает в контур ПИД-регулятора.

Рис. 4. Конструкция защитного окна. Печатная плата системы обогрева с нагревательными резисторами – а. Держатель оптического окна: вид с внутренней стороны – б; вид с внешней стороны – в. Система обогрева в разрезе – г

При проведении лабораторных испытаний в нормальных условиях были получены следующие результаты. При выделяемой мощности 10 Вт, температура нагревателя увеличилась на 80 °С за время нагрева 5 мин. Капля воды размером 2 мм на окне испарилась за время 1 мин. При выделяемой мощности 5,25 Вт температура нагревателя увеличилась на 20 °С за 10 с, затем на 40 °С за 1 мин. Капля воды размером 2 мм на окне испарилась за 1,5 мин.

Заключение

В работе предложено решение задачи устранения помех в измерительном канале оптического осадкомера, вызванных конденсацией влаги и образованием ледяного покрытия на оптических окнах прибора. Схема обогрева и управляющий алгоритм позволяют осуществлять самодиагностику и автоматическое устранение неисправности. Это существенно повышает автономность работы с увеличением интервала необходимого обслуживания.

Работа выполнена при финансовой поддержке гранта Президента Российской Федерации (МК-3298.2015.5).

Литература

1. Справочник по гидрометеорологическим приборам и установкам / А.Б. Рейфер, М.И. Алексеенко, П.Н. Бурцев и др. – Л.: Гидрометеиздат, 1971. – С. 70–71.
2. Приборное обеспечение измерения параметров атмосферных осадков. Современное состояние / В.В. Кальчихин, Кобзев А.А. и др. Изв. вузов. Физика. – Томск, 2009. – 11 с. – Деп. в ВИНТИ 16.12.09, № 802-В2009.
3. Пат. 2575181 РФ, МПК G 01 W 1/14. Оптический способ измерения атмосферных осадков / А.А. Азбукин, В.В. Кальчихин, А.А. Кобзев (РФ). – № 2014129127/28; заявл. 15.07.2014, опубл. 20.02.2016. Бюл. № 5. – 3 с.
4. Кальчихин В.В. Определение микроструктурных характеристик жидких атмосферных осадков с помощью оптического осадкомера / В.В. Кальчихин, А.А. Кобзев, В.А. Корольков и др. // Оптика атмосферы и океана. – 2015. – Т. 28, № 7. – С. 669–672.

Кальчихин Владимир Викторович

Канд. физ.-мат. наук, ст. науч. сотр.
Федерального государственного бюджетного учреждения науки Института мониторинга климатических и экологических систем Сибирского отделения Российской академии наук (ИМКЭС СО РАН)
Тел.: +7 (382-2) 49-20-24 (доб. 1056)
Эл. почта: vvk@imces.ru

Кобзев Алексей Анатольевич

Канд. техн. наук, науч. сотр. ИМКЭС СО РАН
Тел.: +7 (382-2) 49-20-24 (доб. 1056)
Эл. почта: alexey-kobzev@mail.ru

Краснолобов Игорь Михайлович

Инж. ИМКЭС СО РАН
Тел.: +7 (382-2) 49-20-24 (доб. 1125)
Эл. почта: categor@mail.ru

Тихомиров Александр Алексеевич

Д-р. техн. наук, зав. лаб. ИМКЭС СО РАН,
профессор каф. сверхвысокочастотной и квантовой радиотехники ТУСУРа
Тел.: +7 (382-2) 49-22-49
Эл. почта: tikhomirov@imces.ru

Kalchikhin V.V., Kobzev A.A.,
Krasnolobov I.M., Tikhomirov A.A.

System for elimination of external natural noise in the measuring channel of the optical precipitation gauge

The paper presents the description of the optical precipitation gauge that is based on the principle of the obtaining and analyzing precipitation particle shadow images. System is developed to eliminate the noise caused by the presence of moisture on surfaces of the device optical windows. The solution is based on the use of electric systems for surface heating of the optical windows that are controlled by specially developed algorithm. The implementation of heating system is described.

Keywords: optical precipitation gauge, precipitations, noises, algorithm, the heating system.