

**ПРИБОРЫ, ИЗГОТОВЛЕННЫЕ
В ЛАБОРАТОРИЯХ**

УДК 551.508.77:681.785.4

**ОПТИЧЕСКИЙ ИЗМЕРИТЕЛЬ ПАРАМЕТРОВ СНЕЖНЫХ
ОСАДКОВ**

© 2025 г. В. В. Кальчихин, А. А. Кобзев

Поступила в редакцию 15.04.2025 г.

После доработки 09.06.2025 г.

Принята к публикации 19.06.2025 г.

В настоящее время на большинстве метеостанций Росгидромета наблюдение за снежными осадками осуществляется с использованием визуального контроля и традиционных приборов, для снятия показаний которых требуется участие человека [1]. В качестве возможного решения задачи автоматизации таких наблюдений предлагается созданный в Институте мониторинга климатических и экологических систем СО РАН экспериментальный образец оптического измерителя параметров снежных осадков.

В основе работы прибора лежит регистрация микроструктурных характеристик частиц снежных осадков (количество, размеры, скорости падения), определяемых из анализа параметров их теневых изображений, получаемых с помощью источника коллимированного плоского светового потока и линейного массива светочувствительных элементов. Предполагается, что наличие полной информации о микроструктуре твердых осадков даст возможность оценить их интегральные характеристики, такие как интенсивность, продолжительность выпадения, общий объем снега, выпавшего на единицу площади подстилающей поверхности, что в перспективе позволит осуществить прогнозирование ключевых параметров снежного покрова, к числу которых относятся высота и запас воды в нем. Благодаря высокой чувствительности измерителя, делающей возможной регистрацию выпадения даже единичных снежинок, осуществляется точное определение времени начала и

продолжительности осадков, чего не могут обеспечить приборы, традиционно используемые для наблюдения за снежными осадками.

Прибор является модифицированной версией оптического измерителя жидких осадков [2], доработанной с учетом специфики измерений частиц снега в условиях низких температур. Основным отличием конструкции измерителя параметров снежных осадков от конструкции измерителя параметров дождя является закрытая от горизонтального ветра измерительная площадка. Если открытый дизайн дождемера имеет целью увеличение ветровой прозрачности прибора и, как следствие, уменьшение ошибок измерений, связанных с ветровым недоучетом, то для измерителя параметров снежных осадков гораздо важнее уменьшение горизонтальной составляющей скорости падающих снежинок. Поскольку частицы снега имеют относительно небольшие в сравнении с каплями дождя терминальные скорости падения при гораздо больших размерах и низкой плотности, велика вероятность даже при небольшом ветре (10–15 м/с) получить практически горизонтальное перемещение снежинок параллельно открытой измерительной площадке, что делает почти невозможным получение корректного теневого изображения регистрируемой частицы и, следовательно, определение ее параметров. Закрытый измерительный канал в значительной степени уменьшает вероятность таких событий.

Чтобы обеспечить функционирование электронных и оптических модулей в условиях низких температур, необходимо исключить препятствия в виде снега и льда в измерительном канале, а также освободить поверхность корпуса от наметаемых снежных шапок, мешающих попаданию снежинок в измерительную область. Для этого на нижней части прибора смонтирована система обогрева, включающая два плоских нагревательных элемента мощностью 40 Вт каждый. Питание системы обогрева осуществляется от сети переменного тока напряжением 220 В.

Для проверки работоспособности созданного измерителя в лабораторных условиях, а также оценки его возможностей для решения задачи регистрации объектов сложной формы, какими являются частицы снежных осадков, были проведены лабораторные испытания прибора. В качестве испытаний была реализована серия прохождений через его измерительную площадку модельных объектов небольшого размера, в качестве которых для наглядности были выбраны легко узнаваемые предметы – металлические саморезы. При проведении испытаний объекты, имитирующие падающие снежинки, отпускались в свободное падение непосредственно над измерительной площадкой с высоты 0.4 м, что обеспечивало прохождение ими

измерительного канала со скоростью около 2.8 м/с. Данное значение скорости соответствует характерной терминальной скорости падения частиц снега. Испытания продемонстрировали устойчивую регистрацию и определение параметров измеряемых объектов в лабораторных условиях. На рис. 1а в качестве примера представлен один из результатов проведенной серии испытательных измерений. Для проведения испытаний экспериментального образца оптического измерителя параметров снежных осадков в натурных условиях прибор был установлен на метеоплощадке Геофизической обсерватории ИМКЭС СО РАН (рис. 1б).

Рис. 1. а – Изображение тени модельного объекта...

За период с 30 октября по 15 ноября 2024 года было зарегистрировано 12 суток, в течение которых выпал хотя бы один снегопад. Параметры всех гидрометеоров, выпавших во время этих явлений, были успешно определены и зафиксированы с помощью созданного измерителя. На рис. 2 в качестве примера приведены изображения и параметры некоторых частиц, характерных для снежных осадков. Под размером частицы подразумевается максимальный размер сечения, зарегистрированного при формировании ее теневого изображения.

Рис. 2. Изображения и параметры некоторых снежных частиц,

Испытания созданного экспериментального образца оптического измерителя продемонстрировали возможность его применения для измерений микроструктурных характеристик снежных осадков на открытых площадках в условиях низких температур. Для установления закономерностей, позволяющих использовать получаемую информацию для определения интегральных характеристик, необходимы дальнейшие испытания прибора в натурных условиях с целью набора объема измерительных данных, достаточного для проведения более глубокого анализа соотношений между различными параметрами осадков, выпадающих в виде снега.

ФИНАНСИРОВАНИЕ РАБОТЫ

Работа выполнена в рамках государственного задания ИМКЭС СО РАН (проект FWRG-2021-0006).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Наставление гидрометеорологическим станциям и постам, Выпуск 2, Часть 1, Метеорологические наблюдения на постах // Л.: Гидрометиздат, 1985.
2. В.В. Кальчихин, А.А. Кобзев, В.А. Корольков, А.А. Тихомиров // Измерительная техника. 2016. № 11. С. 29.

Адрес для справок: Россия, 634055, Томск, просп. Академический, 10/3, Институт мониторинга климатических и экологических систем СО РАН. E-mail: kaa@imces.ru, alexey-kobzev@mail.ru, vvk@imces.ru

ПОДПИСИ К РИСУНКАМ

Рис. 1. а – Изображение тени модельного объекта, полученное с помощью экспериментального образца оптического измерителя параметров снежных осадков в лабораторных условиях; **б** – экспериментальный образец оптического измерителя параметров снежных осадков на метеоплощадке ГО ИМКЭС СО РАН.

Рис. 2. Изображения и параметры некоторых снежных частиц, зарегистрированных с помощью экспериментального образца оптического измерителя во время натурных испытаний 6–7 ноября 2024 г.: **а** – размер 7.304 мм, скорость 1.304 м/с; **б** – размер 5.174 мм, скорость 1.709 м/с; **в** – размер 5.129 мм, скорость 1.178 м/с; **г** – 5.12 мм, скорость 1.939 м/с; **д** – размер 4.805 мм, скорость 1.246 м/с.

(a)



(б)



Рис. 1.



Рис.2.