



ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ НАУКИ

ИНСТИТУТ МОНИТОРИНГА
КЛИМАТИЧЕСКИХ И ЭКОЛОГИЧЕСКИХ СИСТЕМ

СИБИРСКОГО ОТДЕЛЕНИЯ РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ НАУК

Автоматическая метеостанция АрктикМетео.

Первые результаты натурных испытаний

Корольков В.А., Кобзев А.А., Тихомиров А.А., Тельминов А.Е.,
Пустовалов К.Н., Богушевич А.Я., Кальчихин В.В., Кураков С.А.

kor@imces.ru; alexey-kobzev@mail.ru; tikhomirov@imces.ru; talexey@imces.ru;
const.pv@yandex.ru; bay@imces.ru; vvk@imces.ru; ksa@imces.ru

г. Томск, пр. Академический, 10/3

www.imces.ru



Цели и задачи разработки

Цель работы:

Экспериментальная апробация новых технических решений, обеспечивающих создание автономной автоматической метеорологической станции (АМС), способной в сложных климатических условиях Арктики в течение, минимум, 1-го года без необходимости проведения технического обслуживания выполнять измерения и передачу удаленному пользователю данных о следующих метеорологических величинах: параметрах ветра, температуре и влажности воздуха, атмосферном давлении, параметрах осадков, интенсивности солнечной радиации, высоте снежного покрова, профиле температуры почвы, включая температуру ее поверхности.

Задача разработки:

1. Разработка и изготовление составных частей экспериментальной АМС:
 - блоков измерения метеорологических величин,
 - системы комбинированного электропитания,
 - системы сбора, усвоения и передачи данных,
 - систем контроля функционирования и автоматической калибровки составных частей.
2. Проведение лабораторных испытаний блоков измерения и систем.
3. Изготовление экспериментальной АМС АрктикМетео.
4. **Испытания экспериментальной АМС в реальных и критических условиях.**
5. Разработка технических требований для создания опытно-промышленного образца АМС АрктикМетео.

Создание АМС АрктикМетео выполняется в период 2018-2020 гг.

Работа финансово поддержана Министерством науки и высшего образования России. Соглашение № 14.607.21.0205 (075-15-2019-1316), уникальный идентификатор RFMEFI60718X0205)



Измеряемые метеорологические величины

Параметры ветра:

Мгновенная, средняя (за период), максимальная/минимальная скорости горизонтального и вертикального ветра

Диапазон измерения *скорости горизонтального ветра, V , от 0,1 до 60 м/с;*

погрешность измерения V не более $\pm 2,5\%$ при $V \leq 30$ м/с и не более 10% при $V > 30$ м/с.

Направление горизонтального ветра в диапазоне от 0 до 360 град, с погрешностью ± 4 град.

Диапазон измерения *скорости вертикального ветра, w , от минус 15 до +15 м/с,* с погрешностью не более $\pm 10\%$.

Параметры температуры воздуха:

Мгновенная, средняя (за период), максимальная/минимальная температура воздуха, T ;

Диапазон измерения *температуры воздуха T от минус 60 до +55 °С,* с погрешностью ± 1 °С.

Параметры относительной влажности воздуха:

Средняя (за период), максимальная/минимальная (за период) *влажность воздуха в диапазоне от 15 до 100 %,* с

погрешностью $\pm 2,5\%$ при $T > 0$ °С и $\pm 5\%$ при $T \leq 0$ °С.

Параметры атмосферного давления:

Среднее (за период), максимальное/минимальное (за период) атмосферное давление;

Диапазон измерения *атмосферного давления от 520 до 800 мм рт. ст.,* с погрешностью $\pm 0,5$ мм рт. ст.

Температура подстилающей поверхности:

В срок наблюдения, в диапазоне *от минус 60 до +55 °С,* с погрешностью ± 1 °С.

Профиль температуры почвы:

До глубины 1 м, в диапазоне *от минус 50 до +55 °С,* с шагом 10 см, с погрешностью $\pm 0,7$ °С.

Суммарная, проходящая, рассеянная солнечная радиация:

Диапазон измерения *от 0,1 до 1,6 кВт/м²* с погрешностью $\pm 11\%$.

Общее количество жидких осадков за сутки:

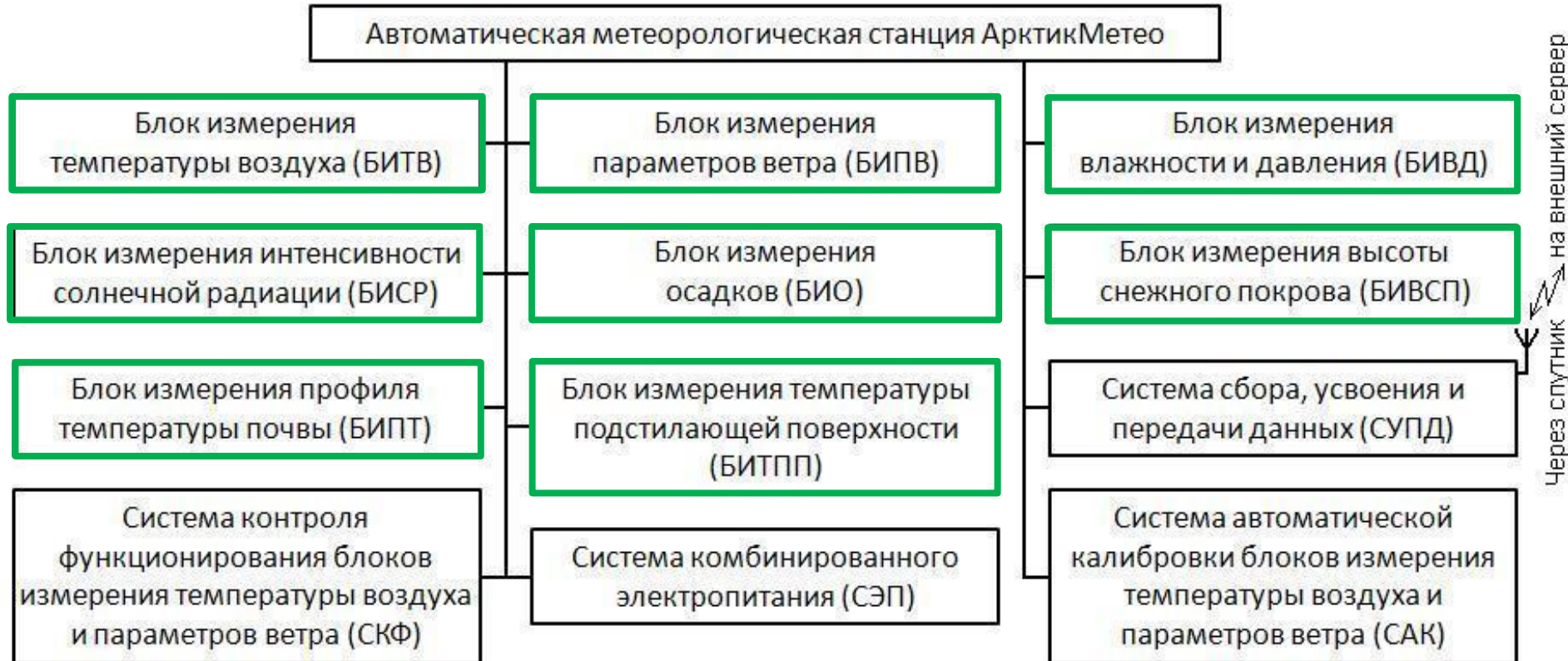
Диапазон измерения $X_{ж}$ *от 0 до 500 мм,* с погрешностью $\pm(0,1 + 0,2 X_{ж})$ мм.

Высота снежного покрова:

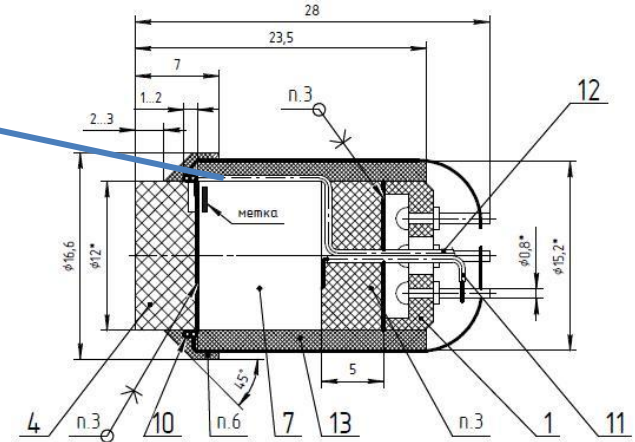
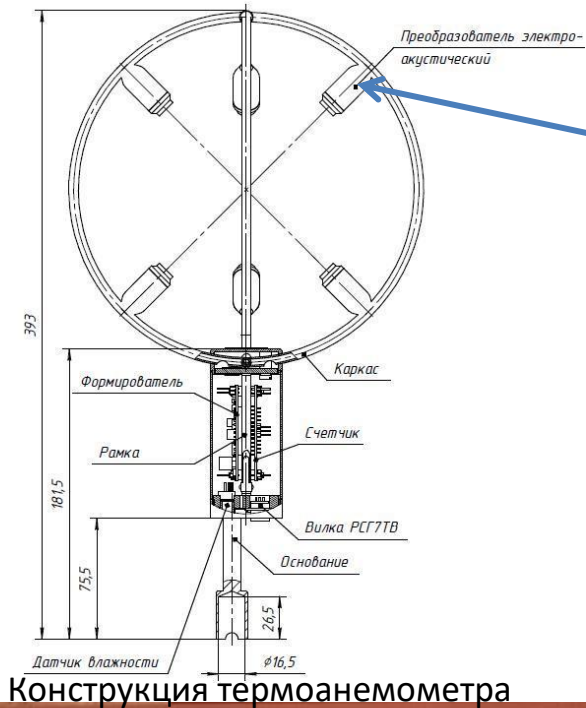
Диапазон измерения h *от 2 до 100 см,* с погрешностью ± 2 см при $h \leq 20$ см и $\pm 10\%$ при $h > 20$ см.

Измерения метеорологических величин в реальном режиме времени.

Структурная схема АМС



Измерение температуры воздуха и параметров ветра



Электроакустический преобразователь с подогревом для устранения обледенения в интервале температур от минус 3 °С до +2 °С, а также при температуре воздуха ниже минус 50 °С

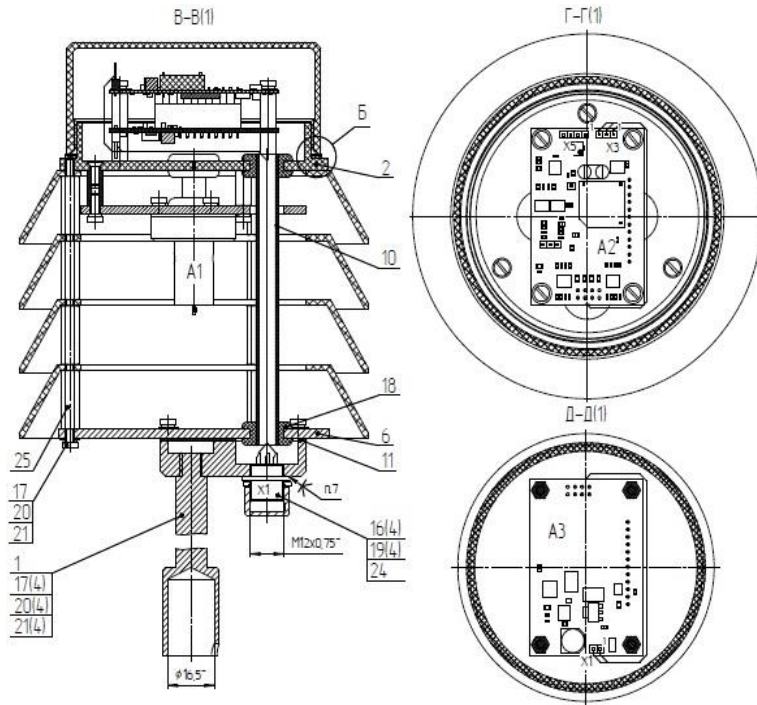


Изготовленный БИТВ (на кронштейне для нижнего уровня (1,5 м))

На основе ультразвукового метода блок обеспечивает измерение мгновенных значения температуры и трехкомпонентного вектора скорости ветра с частотой 10 Гц.

Также определяются средние (за период), максимальные и минимальные значения скорости ветра температуры воздуха. Измерения проводятся на высотных уровнях 2 и 10 м.

Измерение влажности и давления



Конструкция БИВД



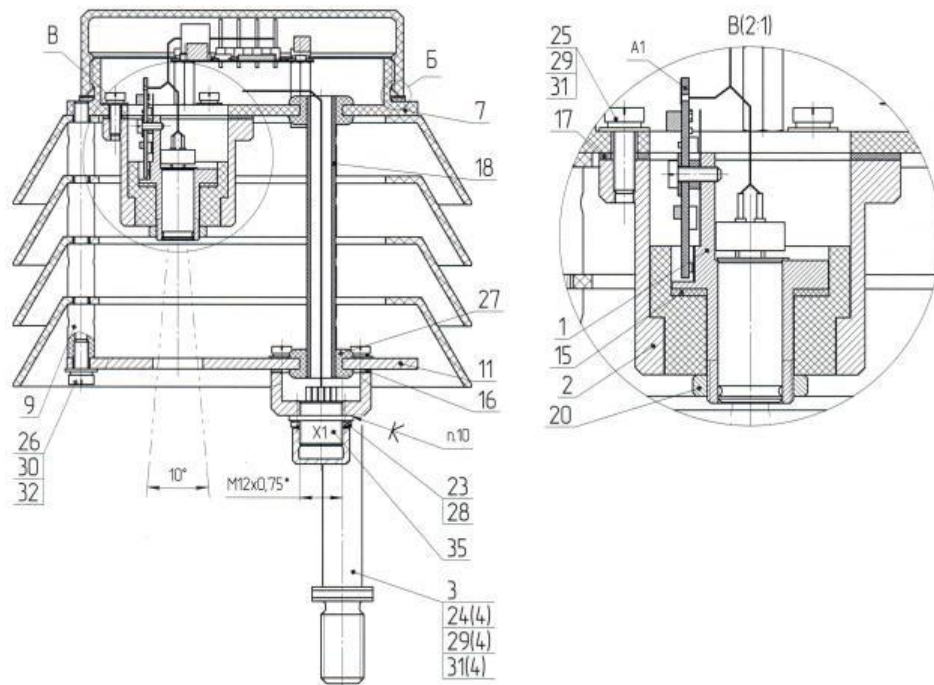
Внешний вид БИВД

Размещается на уровнях 2 и 10 м

БИВД использует электронные сенсоры для измерения средних (за период), максимальных и минимальных значений относительной влажности воздуха в диапазоне от 15 до 100 % с погрешностью $\pm 2,5$ % при $T > 0$ °C и ± 5 % при $T < 0$ °C, среднего (за период), а также для измерения атмосферного давления в диапазоне от 520 до 800 мм рт. ст. с погрешностью $\pm 0,5$ мм рт. ст.



Блок измерения температуры подстилающей поверхности (БИТПП)

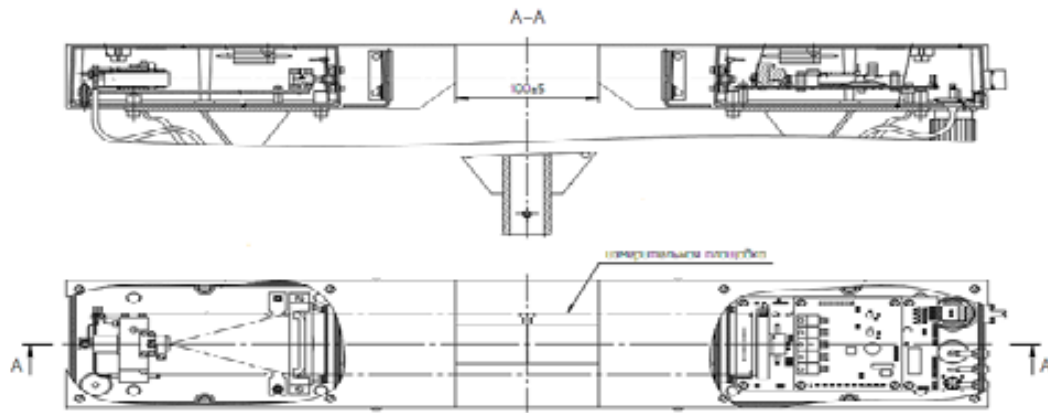


Для измерения температуры подстилающей поверхности в автоматическом режиме наиболее подходящим является пирометрический метод.

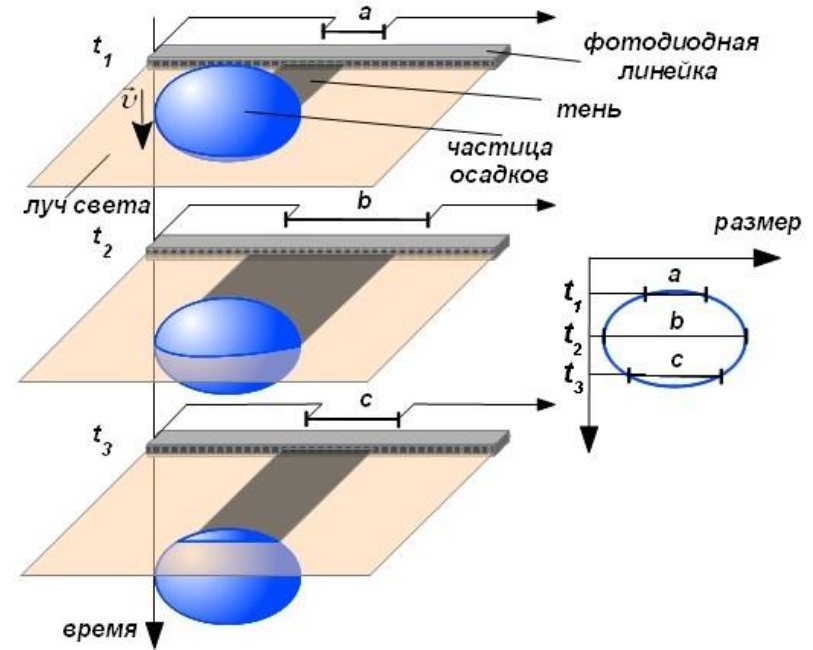
БИТПП обеспечивает измерение температуры подстилающей поверхности в срок наблюдения, т.е. через каждые три часа.

В качестве пирометра в ЭО БИТПП используется приемник MLX90614ES-BCI фирмы Melexis, работающий в инфракрасном диапазоне (встроенный оптический фильтр на диапазон от 5,5 до 14 мкм). Чувствительность приемника составляет 0,02 °С. Погрешность измерения излучательной способности поверхности $\pm 0,5^\circ\text{C}$.

Измерение жидких осадков



Конструкция блока измерения осадков (БИО)



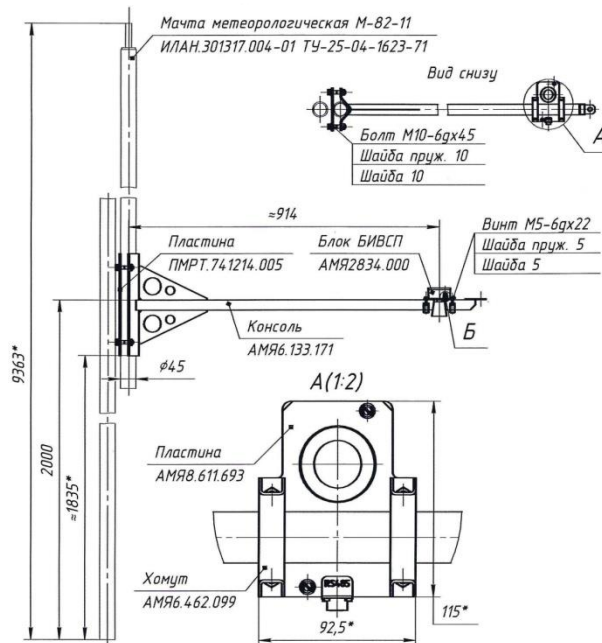
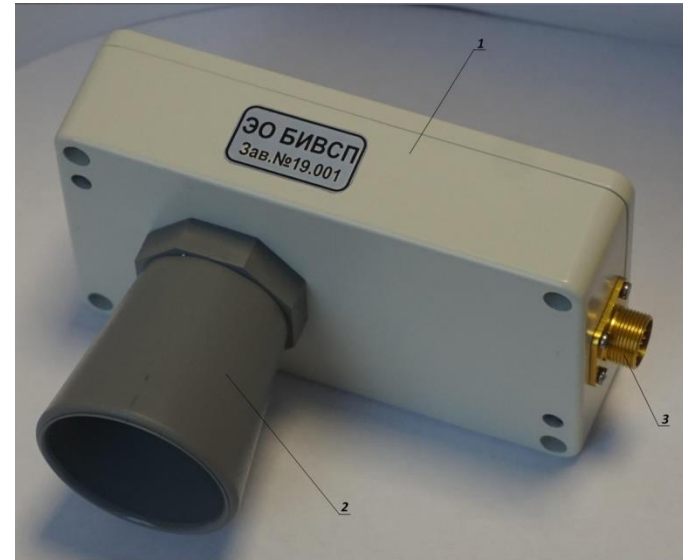
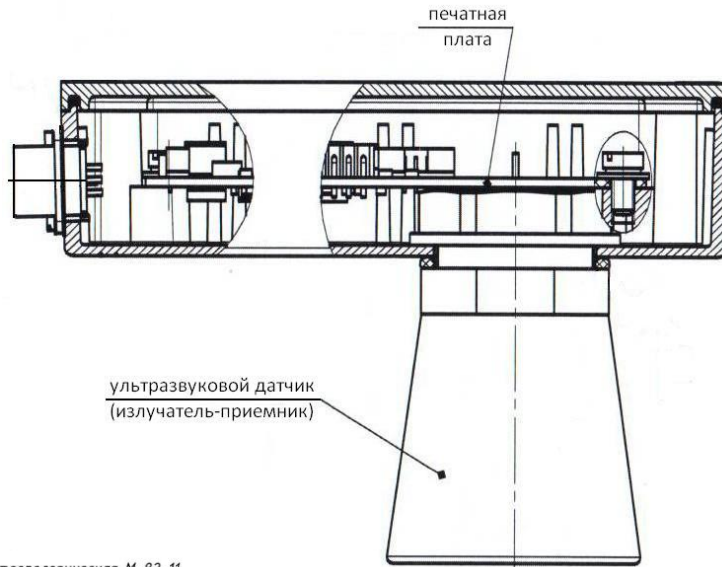
Метод получения и анализа теневых изображений частиц осадков



Внешний вид блока измерения осадков

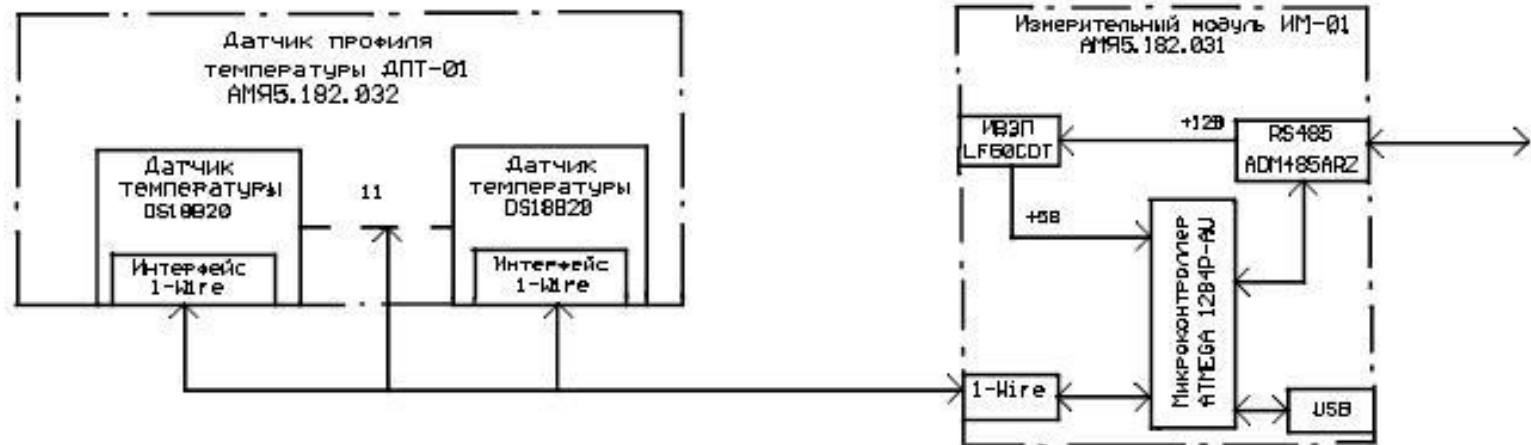
Измерение суточного количества жидких осадков в диапазоне от 0 до 500 мм. Также измеряется временной интервал выпадения осадков

Измерение высоты снежного покрова



Блок измерения высоты снежного покрова (БИВСП) с помощью ультразвукового излучателя-приемника обеспечивает измерение высоты снежного покрова в диапазоне от 2 до 100 м погрешностью ± 2 см при высоте менее, либо равной 20 см и ± 10 % при высоте снежного покрова более 20 см. БИВСП устанавливается на кронштейне метеорологической мачты. Используется импортный ультразвуковой датчик (излучатель-приемник) MB7584-100 фирмы MaxBotix Inc.

Измерение профиля температуры почвы



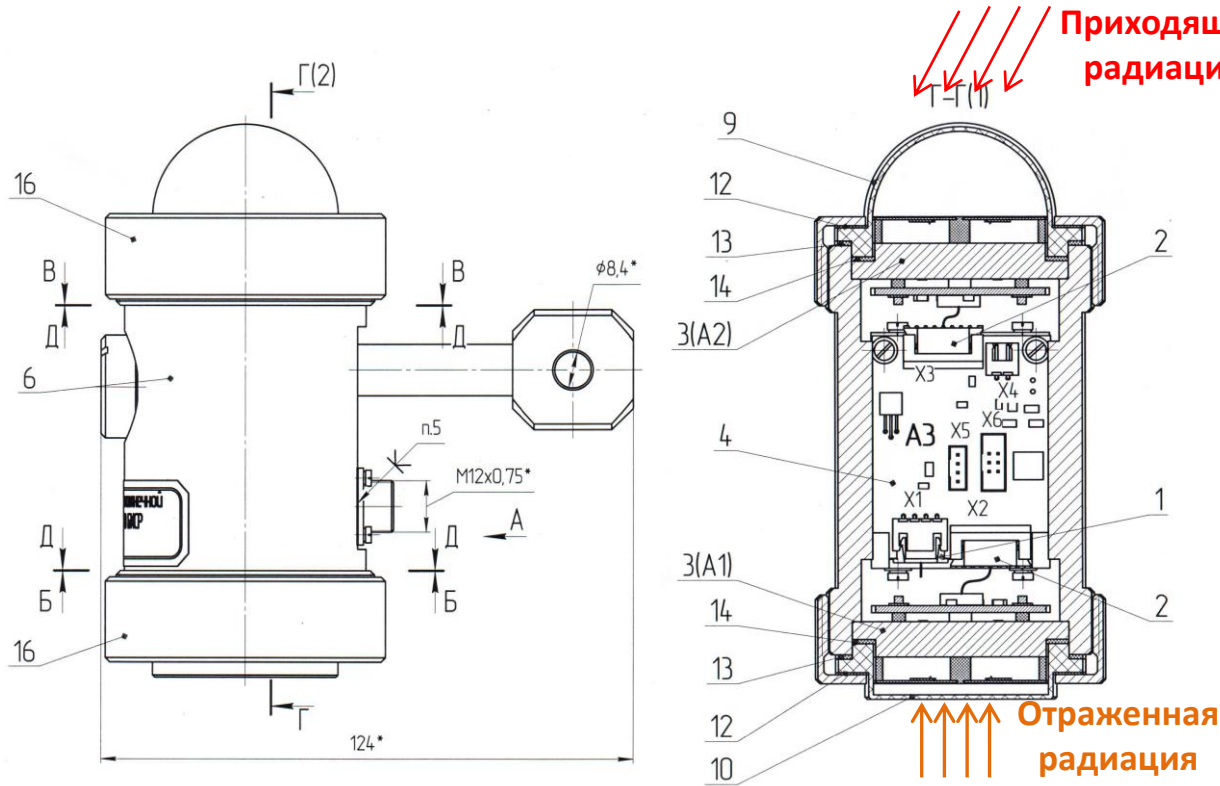
Функциональная схема блока измерения (БИПТ)



Внешний вид: 1 – линейка датчиков; 2 – электронный блок

БИПТ с помощью линейки контактных сенсорных датчиков температуры обеспечивает измерение профиля температуры почвы в диапазоне от минус 50 °С до +55 °С на глубинах от 10 до 100 см с шагом 10 см с погрешностью $\pm 0,7$ °С

Измерение интенсивности солнечной радиации



Блок измерения интенсивности солнечной радиации (БИСР) на основе дифференциального метода регистрации электромагнитного излучения обеспечивает измерение суммарной приходящей солнечной радиации в диапазоне от 0,1 до 1,60 кВт/м². Устанавливается на кронштейне с южной стороны метеорологической мачты на высоте 2 м.

Испытаная АМС АрктикМетео



Стыковочные,
лабораторные



В зимних условиях



В летних условиях

Конфигурация измерителей (а) и внешний вид (б) АМС АрктикМетео: 1 – БИТВ/БИПВ; 2 – БИВД; 3 – метеомачта М-82; 4 – БИСР; 5 – БИТПП; 6 – БИВСП; 7 – БИТВ/ БИТВ; 8 – ветрогенератор (из состава СЭП); 9 – солнечные панели (из состава ЭО СЭП); 10 – контейнер для аккумуляторов (из состава СЭП); 11 – БИО; 12 – СУПД в термобоксе; 13 – БИПТ; 15 – антенна спутниковой связи.

Результаты измерения основных метеовеличин в течение суток 26 мая 2020г

Погрешность измерений

Температура воздуха – 0,4 °С
 $\Delta = \pm 1$ °С

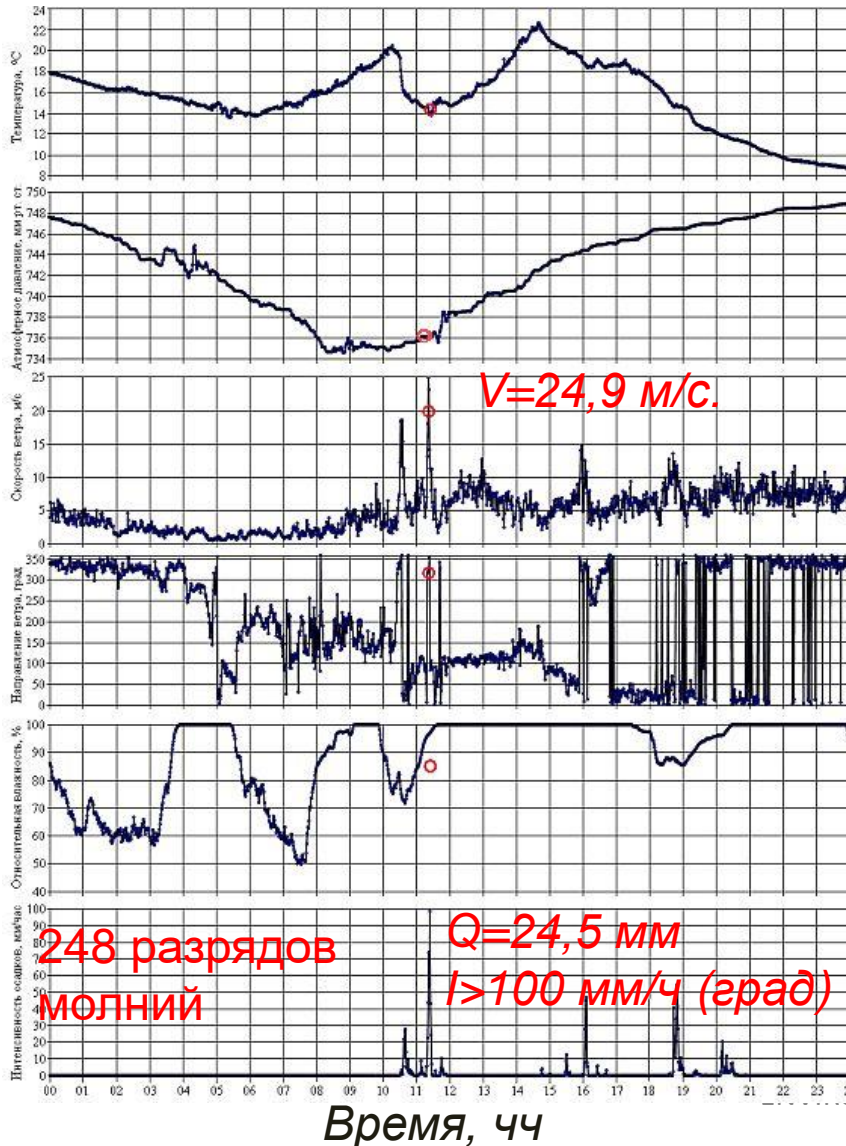
Атм. давление – 0,38 мм рт. ст.
 $\Delta = \pm 0,5$ мм рт. ст.

Скорость гор. ветра – 0,9 м/с
 $\Delta = \pm 2,5$ м/с

Направление ветра – 2 град
 $\Delta = \pm 4$ град

Отн. влажность возд. – 2,3 % (15%)
 $\Delta = \pm 2,5$ %

Сумма осадков – 1 мм
 $\Delta = \pm 5$ мм



248 разрядов
 молний

Q=24,5 мм
 I>100 мм/ч (град)



Заключение

Автоматическая метеостанция АрктикМетео является исключительно отечественной разработкой: основные измерительные блоки и сервисные системы станции разработаны ИМКЭС СО РАН совместно с ООО «Сибаналитприбор» (г. Томск). Принимаются, также, меры по минимизации в составе измерительных блоков электрорадиоэлементов иностранного производства.

Для обеспечения функционирования станции в длительном автономном режиме без обслуживания человеком особое внимание уделено ее надежности: с этой целью применены современные электронные, акустические и оптические методы измерений метеорологических величин, использован принцип дублирования основных систем и блоков, разработаны оригинальные системы контроля функционирования и автоматической калибровки измерительных блоков.

В течении этапа 2020 года осуществлены испытания АМС в натуральных и критических условиях, подготовлено техническое задание для выпуска опытного образца АМС.

Спасибо за внимание!

