

# ТЕРМОПРОФИЛЕМЕР ДЛЯ ЛЕДОВЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ В АНТАРКТИДЕ

П.В.Гайский, А.Н.Логвинчук

Морской гидрофизический институт  
НАН Украины  
г. Севастополь, ул. Капитанская, 2  
E-mail: oaoi@alpha.mhi.iuf.net

Дано описание новой разработки экспериментального образца распределенного датчика температуры для исследований в Антарктиде. Приведены основные технические характеристики и особенности исполнения.

Контроль температуры в воздушной и водной среде Антарктиды является одной из основных задач исследований климатических процессов данного региона. В последнее время большое внимание уделяется изучению изменчивости температурных полей в грунте и внутри ледового покрытия материка.

Осуществление их контроля достоверно возможно только с использованием пространственных распределенных датчиков температуры, таких как термопрофилемеры Уолша. Широкий диапазон выбора по длине и пространственному разрешению при изготовлении термочувствительного кабеля, надежность и долговечность чувствительных элементов, выполненных из защищенных медных проводников, позволяет в течение длительного периода использовать их в случае одноразовой установки в скважину [1].

В соответствие с требованиями заказчика, которым является Украинский Антарктический центр, был изготовлен экспериментальный измеритель на основе распределенного датчика температуры длиной 50 метров из 16 участков по 3,125 метров каждый. Общий состав измерителя представлен на рисунке 1.

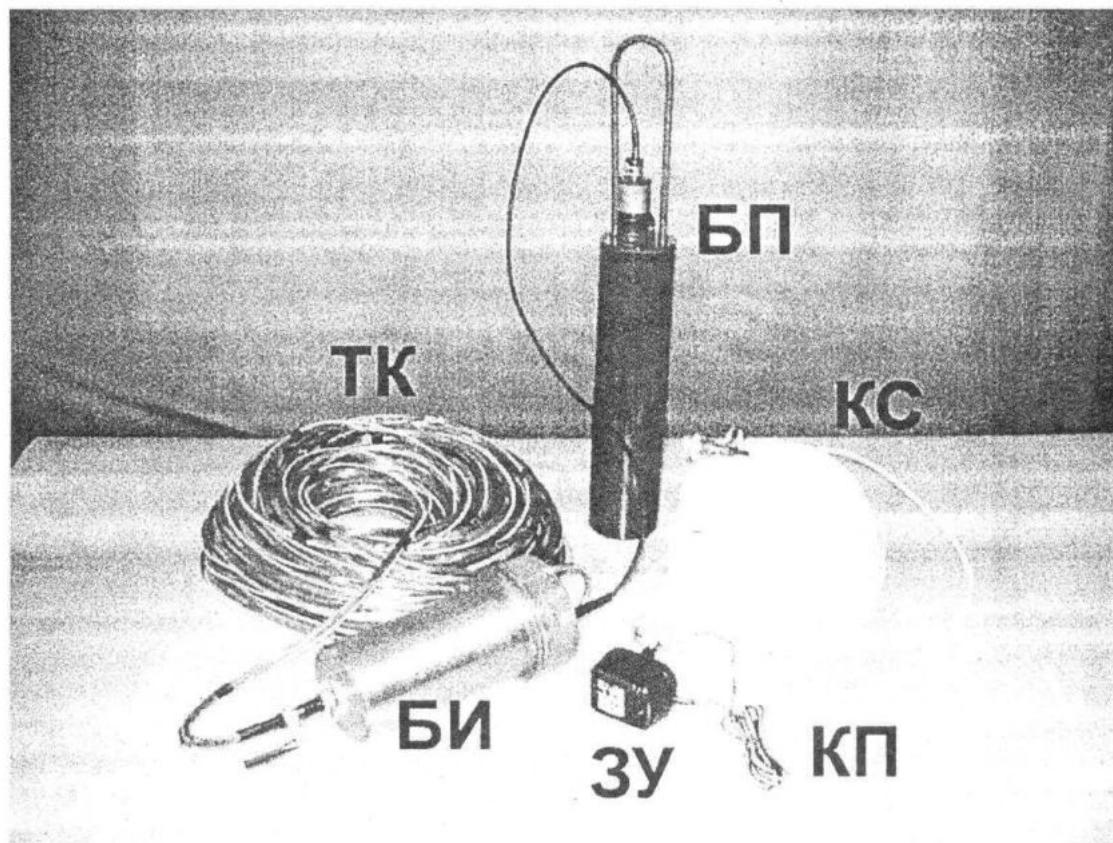


Рис.1 - Основные модули и комплектующие прибора

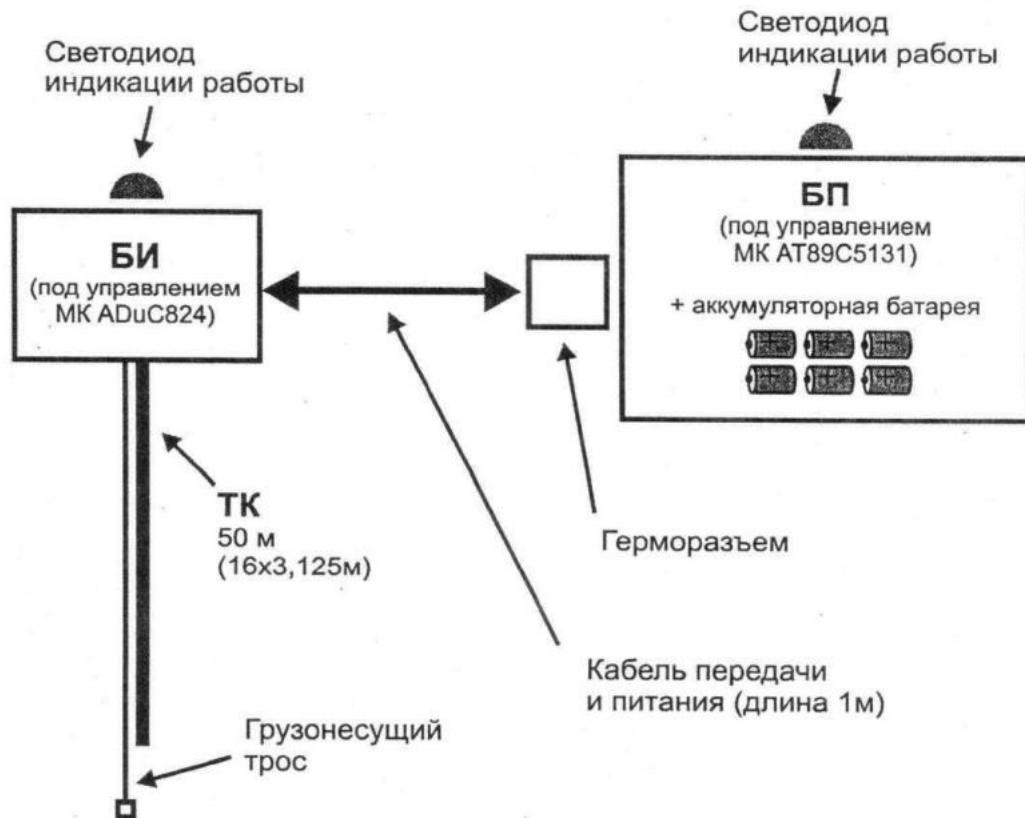


Рис.2 - Структурная схема подключений в автономном режиме

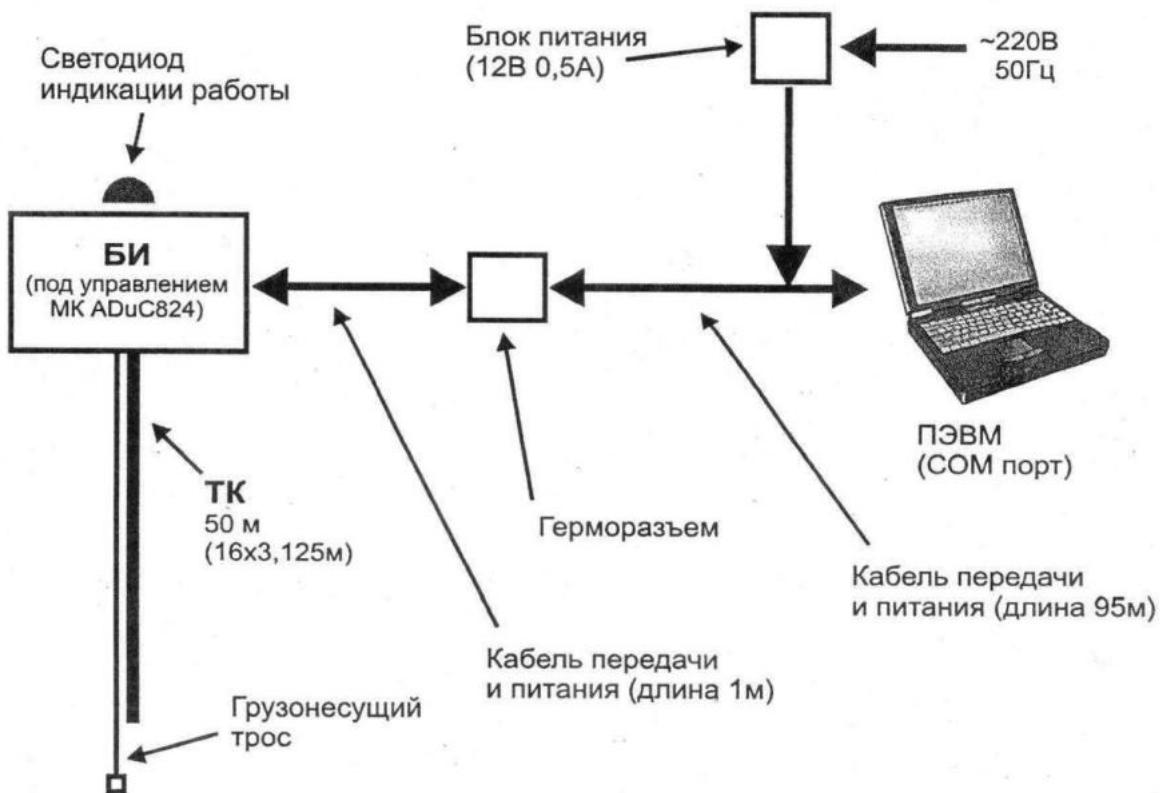


Рис.3 - Структурная схема подключений в телеметрическом режиме

В состав прибора входят:

- 50 метровый термочувствительный кабель (ТК), непосредственно измеряющий температуру среды;
- герметичный измерительный блок (БИ), производящий обработку и передачу информации от датчика;
- блок памяти и автономного питания (БП) с внутренней аккумуляторной батареей, производящий запись и чтение встроенной флэш-памяти и подачу питания на БИ в автономном режиме измерений;
- кабель связи и подачи питания (12В 0,5А) длиной 95 метров между БИ и ПК в телеметрическом режиме;

- кабель связи 1 метр между БП и ПК и подачи питания через подключенный 9В 0,5А блок на подзарядку аккумулятора БП.

Прибор может использоваться как в автономном (рисунок 2), так и в телеметрическом режимах (рисунок 3). В автономном режиме запись измерительной информации с заданным периодом осуществляется в переносной блок памяти, а в телеметрическом - через кабель до 100 метров длиной, непосредственно в ПЭВМ через стандартный последовательный порт COM (RS232C). Основные технические характеристики прибора приведены в таблице.

Таблица - Основные технические характеристики прибора

Наименование и единица измерения	Значение
1 Измерительные каналы температуры	
1.1 Диапазон измерений, °С	от -40 до 50
1.2 Пределы допускаемой случайной абсолютной погрешности на профиле (при времени осреднения 30 с и доверительной вероятности 0,95), °С	± 0,1
1.3 Пределы допускаемой систематической абсолютной погрешности средней температуры на профиле (в течение года при доверительной вероятности 0,95), °С	± 0,05
1.4 Дискретность определения непрерывного профиля температуры, см (фактические погрешности восстановления профиля температуры могут быть определены при получении пространственного спектра или реального профиля температуры)	от 1 с погрешностью аппроксимации полиномом пятнадцатого порядка
1.5 Общая длина пространственного профиля измерений, м	50
1.6 Длина одного участка измерений, м	3,125
1.7 Количество участков на пространственном всем профиле, шт.	16
2 Период опроса измерительных каналов, с	1, 10, 60, 600, 3600
3 Модуль энергонезависимой памяти блока памяти в автономном варианте	
3.1 Емкость, Мбайт	8
3.2 Время чтения всей памяти на ПК, с	1200
3.3 Время формирования памяти, с	10
4 Мощность потребления	
4.1 Мощность потребления электронники блока измерителя, ВА, не более	1

Продолжение таблицы – Основные технические характеристики прибора

Наименование и единица измерения	Значение
4.2 Мощность потребления электроники блока памяти и аккумуляторов, ВА, не более	0,3
5 Габаритные размеры измерителя	
5.1 Габаритные размеры измерительного блока	
диаметр, мм, не более	100
длина, мм, не более	250
5.2 Габаритные размеры блока памяти и аккумуляторов	
диаметр, мм, не более	80
длина, мм, не более	370
5.3 Габаритные размеры пространственного датчика	
диаметр, мм, не более	12
длина, мм, не менее	5050
5.4 Габаритные размеры соединительного кабеля передачи информации (телеинформационный режим)	
диаметр, мм, не более	5
длина, мм, не менее	90000
6 Масса	
6.1 Масса измерительного блока, кг, не более	3
6.2 Масса блока памяти и аккумуляторов (с аккумуляторами), кг, не более	4
7 Напряжение питания модулей, В	4,5÷13
8 Емкость модуля автономного энергопитания измерителя (аккумуляторов), А/ч	4÷5
9 Напряжение питания модуля измерителя в телеметрическом режиме (с поставляемым блоком питания 12В 0,5А), В	~220(±22)В, 50(±1)Гц
10 Напряжение, используемое для подзарядки аккумуляторов через поставляемый нестабилизированный блок питания (9В 0,5А)	~220(±22)В, 50(±1)Гц
11 Длительность подзарядки аккумуляторов (при токе 0,4÷0,5А), ч	10÷15 (в зависимости от степени разряда)

Целесообразно, при осуществлении длительного непрерывного контроля в автономном режиме лучше иметь два блока памяти и аккумулятора для осуществления подзарядки и сброса данных при замене на измерителе. Вся электронная комплектация прибора выполнена на элементах промышленного диапазона температур от  $-40^{\circ}\text{C}$  до  $+80^{\circ}\text{C}$ . В качестве аккумуляторов используется сборка из элементов Sanyo Cadnica, рассчитанных на работу при температурах

$-20^{\circ}\text{C} \div +60^{\circ}\text{C}$ . При более низких температурах их емкость может падать до 50%. Объем памяти автономного блока позволяет вместить 131072 измерительных кадра, в каждом из которых содержится информация обо всех датчиках, текущем времени и действующих настройках устройства (рисунок 4). Данные в режиме измерений поступают с частотой 9600 бод, а при чтении содержимого памяти на ПЭВМ - с частотой 115200 бод.



Рис.4 - Формат основного измерительного кадра

Модуль измерительный и модуль памяти выполнены в герметичных корпусах. Термочувствительные элементы измерителя (проводники, уложенные по ортогональным функциям Уолша-Адамара) находятся в водонепроницаемой трубке и герметично подключены к блоку измерений.

В качестве 24-разрядного АЦП и управляющего микроконтроллера БИ используется ADuC824BS (со встроенным цифровым таймером и датчиком температуры [3]), дифференциально подключенный через 32-канальные коммутаторы к чувствительным элементам.

В качестве управляющего микроконтроллера БП используется ATMEL89C5131, позволяющий передавать данные по интерфейсам RS232 и USB.

Созданный к прибору комплект программного обеспечения включает:

- программу для микроконтроллера БИ на языке Assembler;
- программу для микроконтроллера БП на языке С;
- программу для ПЭВМ на языке Pascal, созданную в оболочке Borland Delphi 6.0 [2];
- инсталляционная и демонстрационная версии пакета на CD для операционных систем Windows 95/98/2000/NT/XP.

Интерфейсная программа для ПЭВМ осуществляет следующие функции:

- прием и регистрация (запись в файл) измерительной информации с измерителя (БИ) в кодовом виде через последовательный порт COM;
- посылка управляющих команд и установок на измеритель (период опроса, установка таймера и др.);
- прием и регистрация (запись в файл) измерительной информации с флеш-памяти БП в кодовом виде через последовательный порт COM;
- посылка управляющих команд и установок на БП (период опроса, установка таймера, форматирование памяти и др.);
- первичная обработка и численно-графический вывод измерительной информации на экран дисплея в виде мгновенных значений температуры на участках распределенного датчика температуры, изолиний и полей температуры во времени;
- ввод и обработка измерительной информации из файла в режиме имитации;
- запись результатов измерений в текстовый файл и файл для MS Excel;
- сохранение графиков в файл стандартного формата BMP;
- ввод новых градуировочных коэффициентов измерительных каналов.

Внешний вид основного окна программы представлен на рисунке 5.

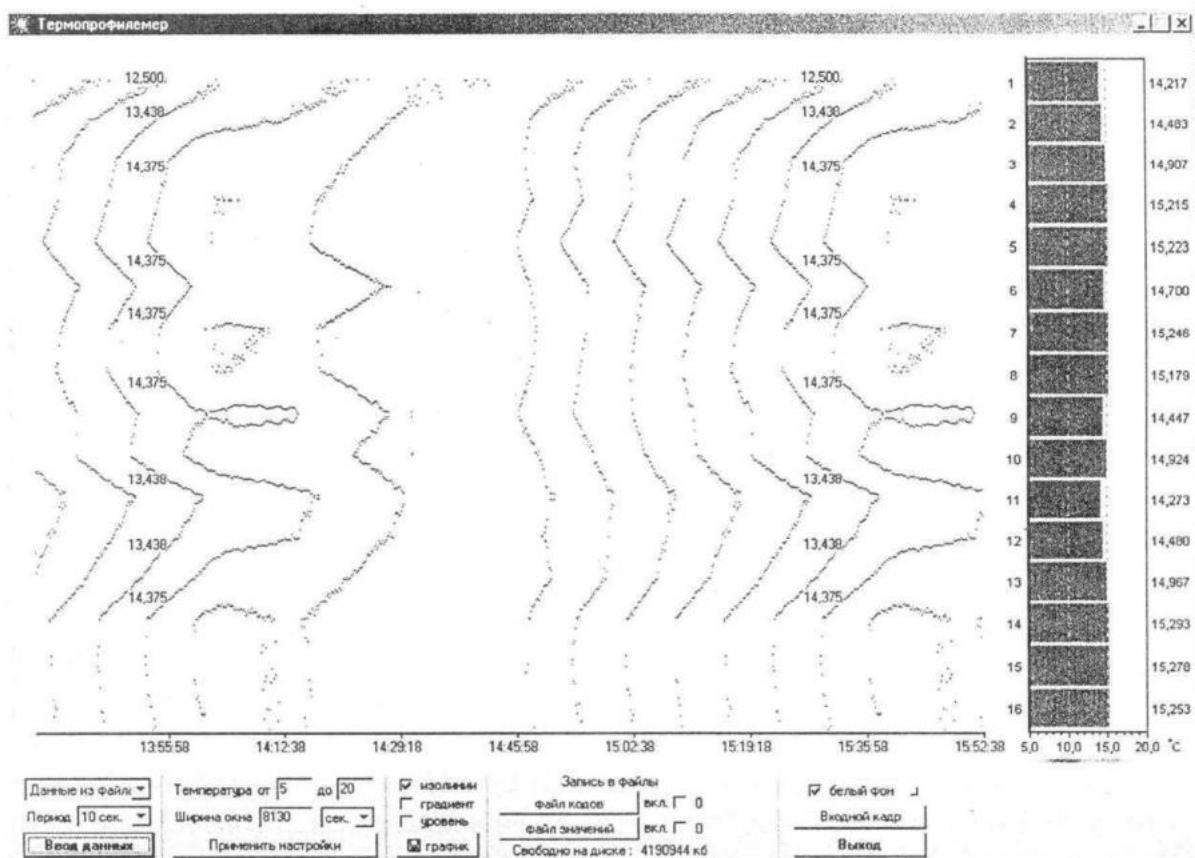


Рис.5 - Основное окно интерфейса программы ПЭВМ для работы с прибором

Градуировка распределенных датчиков температуры осуществлялась в метрологической службе МГИ НАНУ. Дополнительная коррекция градуировочной характеристики осуществляется с помощью образцовых резисторов, нечувствительных к изменениям температур и установленных внутри корпуса БИ, а также с помощью цифрового датчика температуры в микроконтроллере ADuC824.

Визуальная индикация работы БИ и БП осуществляется с помощью встроенных светодиодов через полупрозрачную герметичную крышку в измерительном блоке и через "иллюминатор" в блоке памяти. Оповещение о разряде аккумулятора, также осуществляется с помощью светодиода на БП и в интерфейсе программы к ПЭВМ при чтении измерительных данных.

В целях большей защиты от закорачивания между проводниками

датчика, перепадов давления при вертикальной установке измерительного кабеля и от конденсата защитная оболочка (трубка) и БИ внутри заполнены силиконовым маслом.

Основной комплект документации к прибору включает Формуляр, Руководство по эксплуатации и Руководство оператора ПЭВМ.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Гайский В.А., Гайский П.В. Распределенные термопрофилеры и их возможности в океанографических исследованиях. МГФЖ № 6, 1999. – С. 46-76.
2. Культин Н.Б. Delphi 6. Программирование на Object Pascal. – СПб.: БХВ-Петербург, 2001. – 528 с.
3. Описание микроконтроллера ADuC824. PDF файл Analog Devices. 2003. – 81 с.