

## ГИДРОХИМИЧЕСКИЙ ЗОНД ГХЗ-1

*В.А. Гайский, Н.А. Греков,  
В.Ж. Мишурев, П.В. Гайский,  
В.И. Забурдаев, К.А. Кузьмин,  
С.В. Каширин,  
В.А. Трофименко\**

Морской гидрофизический институт  
НАН Украины  
г. Севастополь, ул. Капитанская, 2  
*E-mail: oaoi@alpha.mhi.iuf.net*  
\* Гидрометеослужба Украины  
г. Киев, ул. Золотоворотская, 6  
*E-mail: meteo@i.com.ua*

*Приводится краткое описание гидрохимического зонда, созданного в МГИ НАНУ по заказу Гидрометеослужбы Украины.*

Гидрохимический зонд ГХЗ-1 предназначен для измерения гидрологических и гидрохимических параметров вод при зондировании до глубин 2000 м с борта судна на стоянке, регистрации и передачи на борт судна для обработки и отображения в реальном масштабе времени в телеметрическом режиме или после зондирования в автономном режиме [1].

Использование зонда предусматривает наличие на плавсредстве кабельной с токосъемником (в режиме телеметрии) или троцовой (в автономном режиме) лебедки с емкостью барабана до 2500 м троса или груzonесущего кабеля.

Зонд может использоваться также с платформ, эстакад, буйковых станций в море, на реках, озерах, водоемах и в колодцах.

В состав зонда входят: блок бортовой ББ, блок погружной БП, кабель считывания БП-ПЭВМ КС, кабель связи ББ-БП технологический КСТ, зарядное устройство ЗУ, программное обеспечение для ПЭВМ "Micrzond". Общий вид зонда представлен на рисунке 1.

Рабочий трос или груzonесущий кабель для связи БП и ББ, а также ПЭВМ, комплектуются пользователем или поставляются по специальному заказу.

Блок погружной зонда обеспечивает измерение: гидростатического давления (глубины), температуры, электрической проводимости, показателя активности ионов водорода pH, концентрации растворенного кислорода, концентрации растворенных сульфидов, концентрации растворенного свинца.

В автономном режиме зонд производит автоматическое измерение гидрологических и гидрохимических параметров воды по траектории зондирования, накапливает первичную измерительную информацию в энергонезависимой памяти блока погружного. После окончания зондирования производится считывание первичной измерительной информации из памяти блока погружного в ПЭВМ и выполняется обработка данных зондирования.

В телеметрическом режиме при работе с бортовым блоком обеспечивается выборочное представление данных на дисплее бортового блока, при работе с ПЭВМ обеспечивается первичная обработка выборочной измерительной информации в реальном масштабе времени, алфавитно-цифровое и графическое представление данных зондирования на дисплее ПЭВМ, формирование данных для хранения, градуировка измерительных каналов.

### Технические характеристики.

Метрологические характеристики измерительных каналов зонда представлены в таблице 1.

Период опроса измерительных каналов устанавливается программно от 0,04 с и выше. Емкость энергонезависимой памяти БП составляет 8 Мбайт.

Электропитание БП зонда в автономном режиме осуществляется от встроенного (дополнительного) модуля энергопитания с аккумуляторами емкостью не менее 2,4 а·ч.

Электропитание ББ в телеметрическом режиме осуществляется от аккумулятора или сети однофазного переменного тока напряжением  $(220 \pm 22)$  В, частотой  $(50 \pm 1)$  Гц.

Габаритные размеры и масса блоков представлены в таблице 2.

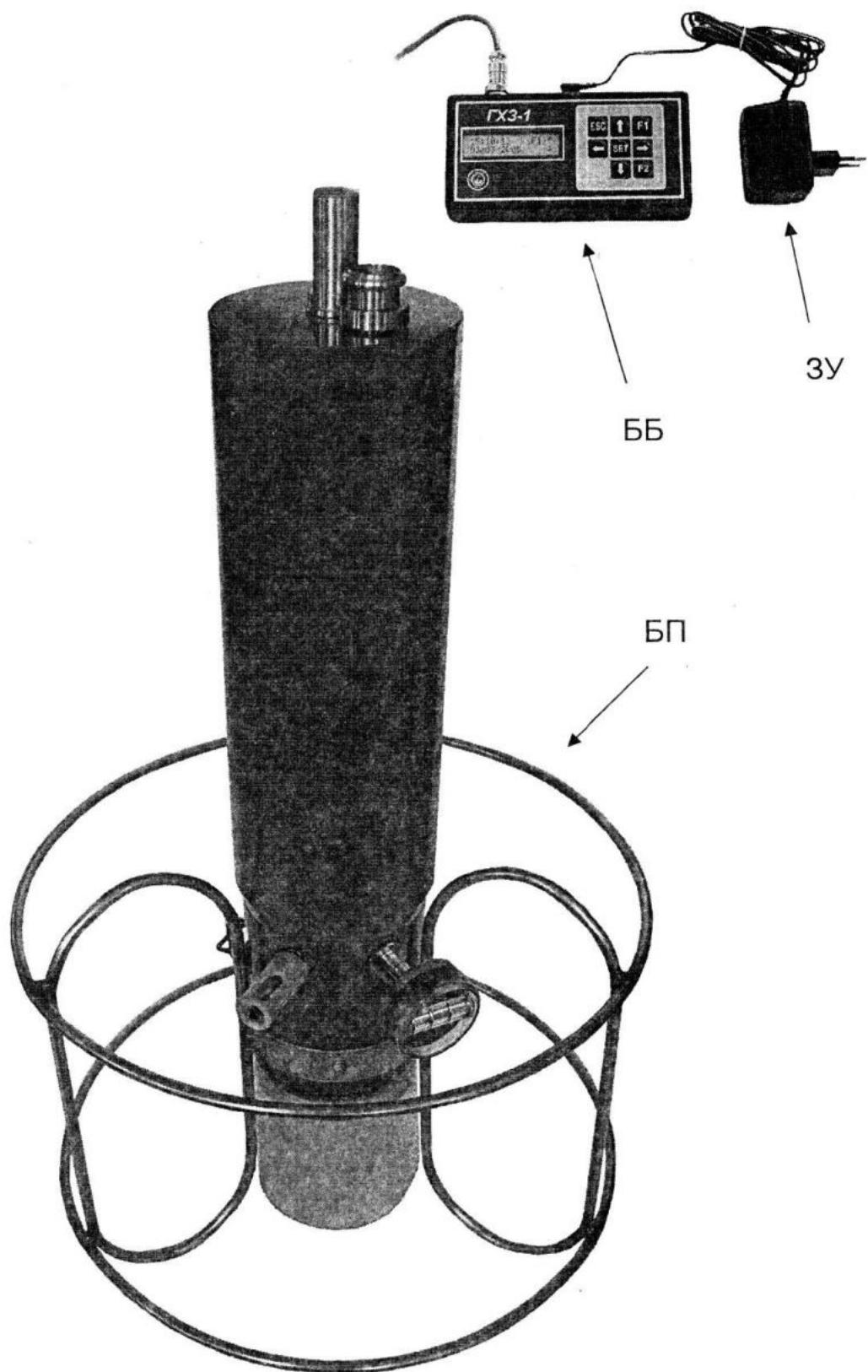


Рисунок 1 – Общий вид зонда ГХЗ-1

Таблица 1 – Метрологические характеристики измерительных каналов зонда

Измерительный канал	Диапазон измерения	Случайная погрешность (СКО)	Погрешность
1 Гидростатическое давление, МПа	0 – 20	0,002	$\pm 0,02$
2 Температура, °C	-2 – +35	0,001	$\pm 0,01$
3 Электропроводимость, отн. ед.	0,01 – 1,7	$3 \cdot 10^{-5}$	$\pm 3 \cdot 10^{-4}$
4 Концентрация кислорода, мл/дм <sup>3</sup>	0,1 – 10	0,01	$\pm 1 \%$
5 Показатель pH, ед. pH	1 – 14	0,03	$\pm 0,1$
6 Концентрация сульфидов, мг/дм <sup>3</sup>	0,01 – 30	$0,003 + 0,005 C_S$	$\pm(0,03 + 0,05 C_S)$
7 Концентрация свинца, моль/дм <sup>3</sup>	$10^{-5} – 10^{-1}$	$5 \cdot 10^{-6} + 0,01 C_{Pb}$	$\pm(10^{-5} + 0,1 C_{Pb})$

Таблица 2 – Габаритные размеры и масса блоков

№ п/п	Б л о к	Размеры, мм	Масса, кг
1	Блок бортовой	45×85×165	1
2	Блок погружной	$\varnothing 350 \times 600$	7,2

Структурная схема ГХЗ-1 с ПЭВМ представлена на рисунке 2.

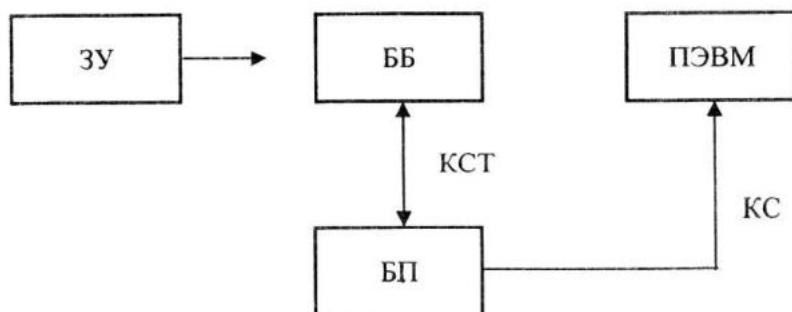


Рисунок 2 – Структурная схема ГХЗ-1

Структурная схема блока погружного представлена на рисунке 3.

В состав БП конструктивно входят: модуль преобразования и регистрации информации МПРИ с измерительными каналами гидростатического давления ИКГД и температуры ИКТ; измерительный канал электропроводимости ИКЭП; измерительный канал концентрации кислорода ИКК; аккумулятор А; устройство согласования химических измерительных каналов УСХИК,

включающее измерительные каналы pH ИКрН, концентрации сульфидов ИКС и свинца ИКСв.

Все измерительные каналы являются цифровыми, содержат АЦП типа AD7794 и имеют гальванически развязанное питание, которое обеспечивается преобразователями напряжения (ПН) DC/DC типа RB01515D и цифровой развязкой трансформаторной (РТ) типа ADuM1401.

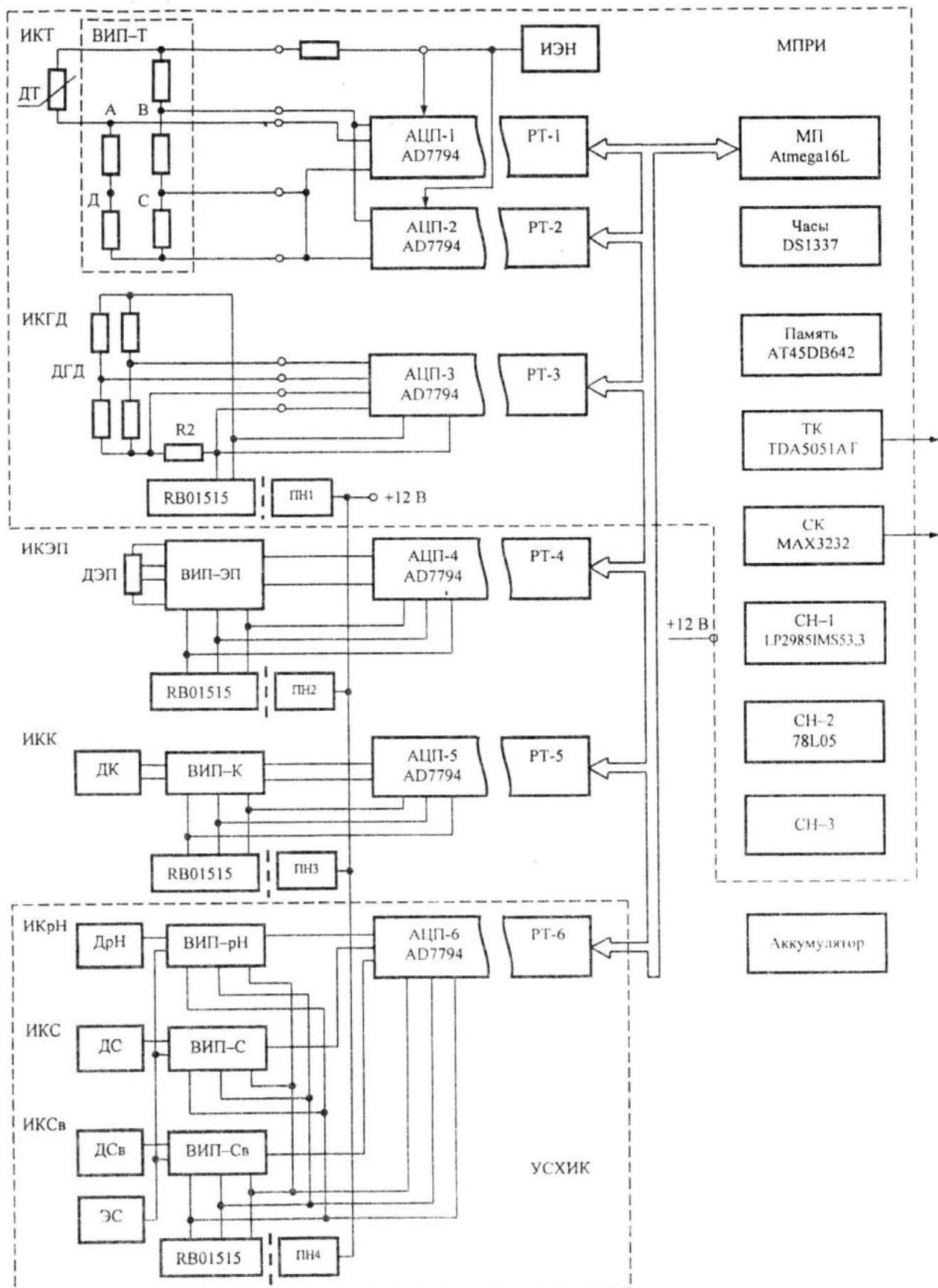


Рисунок 3 – Структурная схема БП ГХЗ-1

Измерительный канал температуры (ИКТ) содержит датчик температуры ДТ (разработки НТК «Океан-МГИ») на основе платинового чувствительного элемента типа HEL-700, включенный в одно из плеч моста, другие плечи которого образованы термостабильными резисторами, а выводы с вершин АВ и ВС поданы на входы АЦП-1 и АЦП-2, имеющих привязку по напряжению, свои источники питания аналоговых и цифровых частей [2].

Измерительный канал гидростатического давления (ИКГД) содержит мостовой тензорезисторный датчик давления ДГД, типа «кремний на сапфире», в цепь питания моста которого включен опорный резистор  $R_0$  с целью измерения сопротивления моста при изменении температуры и внесения температурной коррекции. Выводы ДГД и  $R_0$  поданы на входы АЦП-3.

Измерительный канал электропроводимости (ИКЭП) содержит четырехэлектродный контактный датчик электропроводимости (ДЭП), (разработки НТК «Океан-МГИ»), токовые и потенциальные электроды которого поданы на вторичный измерительный преобразователь электропроводимости в напряжение постоянного тока ВИП-ЭП, выходы которого поданы на входы АЦП-4 [3].

Измерительный канал концентрации кислорода (ИКК) содержит ионоселективный датчик кислорода ДК (разработки НТК «Океан-МГИ»), вторичный измерительный преобразователь тока через датчик в напряжение постоянного тока ВИП-К и АЦП-5.

Гидрохимические измерительные каналы ИКрН, ИКС и ИКСв имеют общий электрод сравнения, общий групповой АЦП-6 и общее питание, гальванически развязанное от остальной части схемы, которое обеспечивается преобразователем ПН-4 и развязкой РТ-6.

Измерительный канал pH (ИКрН) состоит из датчика pH на основе ионоселективного рабочего электрода типа ЭСЛ-43-07 и общего электрода сравнения, выходы которых поданы на вторичный измерительный преобразователь ВИП-pH, служащий для развязки по сопротивлению и формирования номинального диапазона напряжений на вход АЦП-6.

Измерительный канал концентрации сульфидов (ИКС) содержит датчик DC на основе ионоселективного рабочего электрода типа XC-S-001 СТ и общего электрода сравнения, выходы которых поданы на вторичный измерительный преобразователь ВИП-С, выход которого подан на вход АЦП-6.

Измерительный канал концентрации ионов свинца содержит датчик DCv на основе ионоселективного рабочего электрода типа XC-Pb-001 и общего электрода сравнения, выходы которых поданы на вторичный измерительный преобразователь ВИП-Сv, выход которого подан на вход АЦП-6.

Модуль преобразования и регистрации информации предназначен для управления измерениями, временной привязки, накопления и передачи данных.

Модуль реализован на базе микропроцессора Atmega16L, часов DS1337, энергонезависимой памяти AT45D3642 объемом 8 Мбайт, интерфейса телеметрического канала ТК TDA5051AT, интерфейса скоростного канала СК MAX3232.

МП связан с другими устройствами зонда по шине SPI и одним дополнительным проводом на каждую выбираемую микросхему.

Для внешнего обмена данными используются два канала передачи данных. Телеметрический канал на дальность до 2500 м со скоростью 1,2 кбит/с используется для передачи измерительной информации в реальном масштабе времени и при максимальной скорости опроса измерительных каналов 25 циклов в секунду работает с четырехкратным прореживанием. Скоростной канал используется для считывания данных со скоростью 57,6 Кбит/с из памяти БП в ПЭВМ на дальности нескольких метров.

Для считывания всей памяти достаточно 10 минут.

#### Устройство и работа блока бортового.

Структурная схема ББ представлена на рисунке 4.

В состав ББ входят:

- модуль управления МУ с клавиатурой K;
- модуль индикации МИ;
- модуль памяти МП;
- модуль телеметрического канала МТК;
- модуль электропитания МЭП.

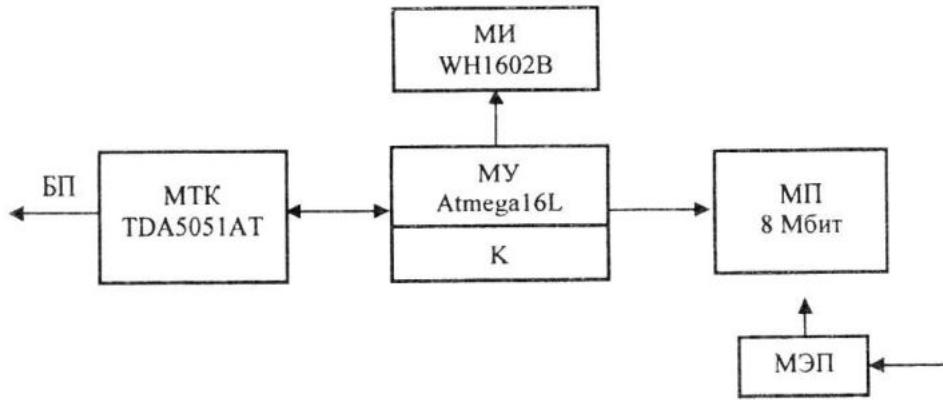


Рисунок 4 – Структурная схема ББ

Модуль управления МУ реализован на микропроцессоре Atmega16L и клавиатуре К. Модуль индикации представляет собой двухстрочный жидкокристаллический индикатор на 16 символов в строке. Для накопления данных используется модуль памяти МП. Модуль сопряжения ББ с БП выполнен на микросхеме типа TDA5051AT. Для подзарядки аккумулятора служит модуль электропитания МЭП.

#### Работа зонда с ББ.

Бортовой блок служит для управления зондированием и индикации глубины погружения БП и выборочно измеряемых параметров.

На рисунке 5 изображена схема меню ББ. Все возможные направления перемещения изображены стрелками с указанием нажимаемых клавиш управления. Через все основные режимы навигация осуществляется стрелками «вверх» и «вниз».

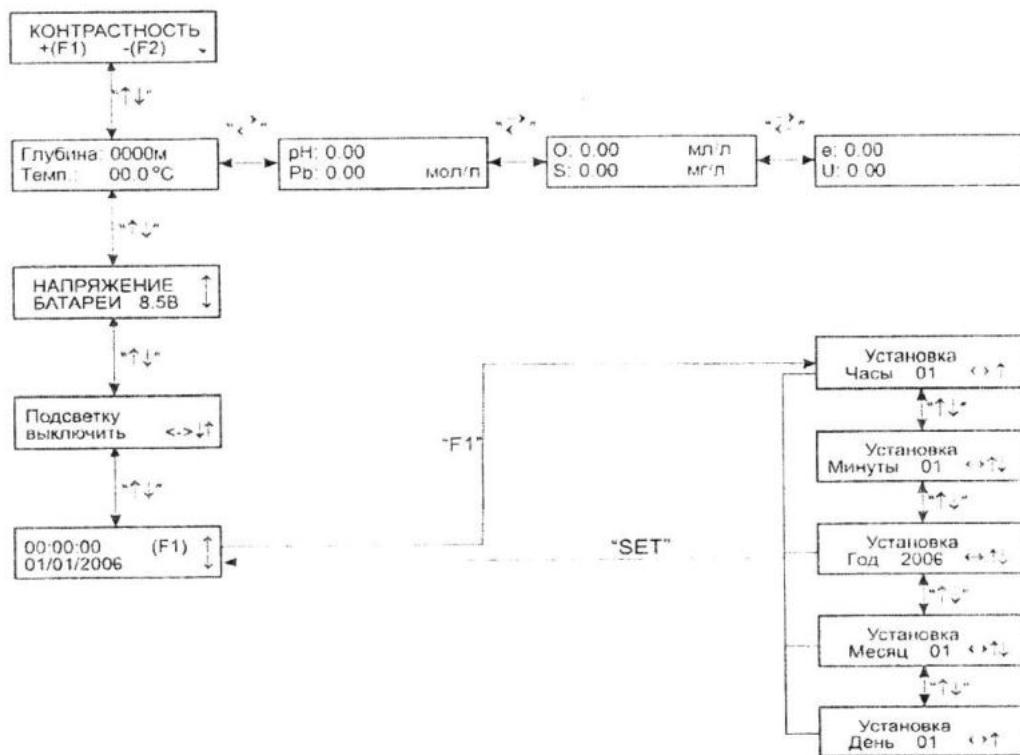


Рисунок 5 – Схема меню ББ

Программное обеспечение ПЭВМ "MICRZOND". Программа предназначена для съема, отображения, обработки и регистрации измерительной информации с гидрохимического зонда, поступающей через последовательный порт COM1-COM2 (RS232/485) или из ранее записанного файла измерений в диалоговом режиме.

Во входных данных содержатся коды измерительных каналов датчиков давления, электрической проводимости, температуры, содержания кислорода, ионов водорода (рН), сероводорода и тяжелых металлов.

Обмен информацией между погружным модулем и ПЭВМ осуществляется по последовательному интерфейсу RS232 через порты COM1 или COM2 на частотах 1200 бод (в телеметрическом режиме измерений) и на частоте 57600 бод (в режиме чтения внутренней памяти). Формат измерительного кадра представлен на рисунке 6. Чтение и форматирование памяти ГХЗ, установка внутреннего таймера осуществляется оператором ПЭВМ с помощью специального протокола команд.



Рисунок 6 – Формат измерительного кадра ГХЗ -> ПЭВМ (34 байта)

Общий вид интерфейса программы представлен на рисунке 7.

Основные окна интерфейса:

- 1) окно управления;
- 2) окно настроек графиков, включающее функции ввода диапазонов шкал и параметров вывода графиков на экран, на печать и в графический растровый или векторный файл;
- 3) окно ввода и редактирования градуировочных коэффициентов измерительных каналов;
- 4) информационное окно о входных кодовых данных измерительных каналов;
- 5) информационное окно со значениями измерительных параметров;
- 6) окно вывода графиков измеряемых параметров;
- 7) окно чтения и форматирования встроенной памяти, а также настройки таймера измерителя.

В результате обработки с помощью ПО "MICRZOND" с заданными настройками фильтрации, осреднения и коррекции производится расчет и численно-графический вывод следующих первичных данных и из-

мерительных параметров среды в соответствии с требованиями по точности к измерительным каналам, определяемыми техническим заданием к измерителю: Давление (МПа), Давление (кПа), Глубина (м), Электропроводимость (о.е.), Температура ( $^{\circ}$ С), Соленость (е.п.с.), Плотность (кг/м3), Аномалия плотности (кг/м3), Удельный объем (м3/кг), Скорость звука (м/с), Скорость обтекания (м/с), Концентрация кислорода (мл/л), Показатель ионов водорода (ед.рН), Концентрация сульфидов (мг/л), Концентрация тяжелых металлов (мкг/л), Температура эл.платы ( $^{\circ}$ С) и кодовые значения измерительных каналов. Одновременно возможен вывод и масштабирование с заданными параметрами осреднения и фильтрации до пяти графиков, содержащих до миллиона точек каждый. В качестве данных по горизонтальным осям могут быть выбраны любые измеряемые параметры из списка. В качестве данных по вертикальной оси отсчетов могут использоваться номер измерения, время измерения, время текущее, глубина, давление или температура среды.

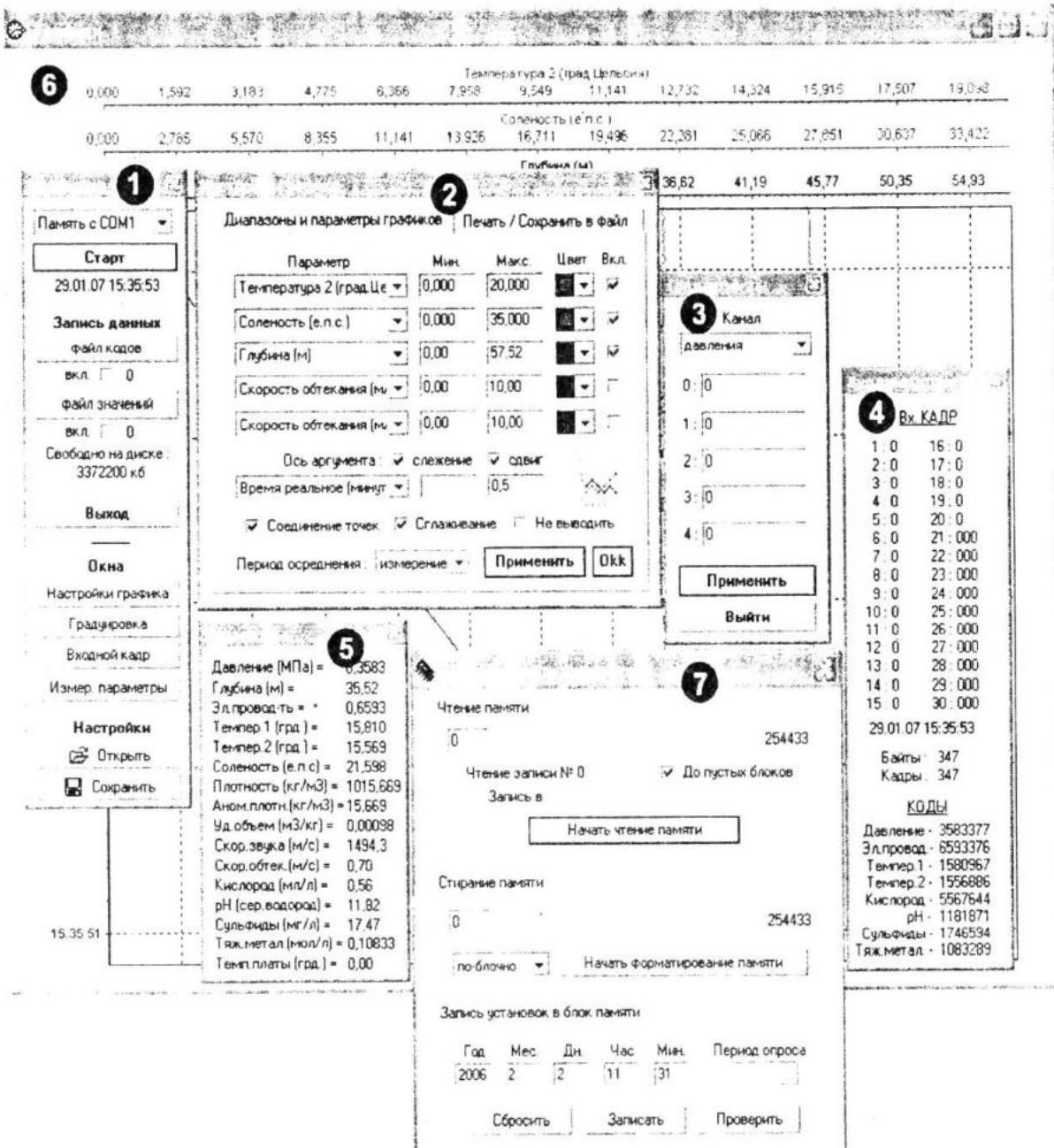


Рисунок 7 – Общий вид интерфейса ПО “MICRZOND”

Результаты обработки входной измерительной информации, поступающей в телеметрическом режиме или в режиме чтения памяти/файла записей, записываются в текстовые файлы результатов с возможностью их дальнейшей загрузки в MS Excel и преобразования в стандартную базу данных.

Обобщенная блок-схема программы представлена на рисунке 8.

Созданное программное обеспечение подготовлено в инсталляционной версии с документацией для оператора ПЭВМ и в соответствии с существующими стандартами. Может использоваться при эксплуатации ГХЗ для проведения измерений и для проведения поверки измерительных каналов.

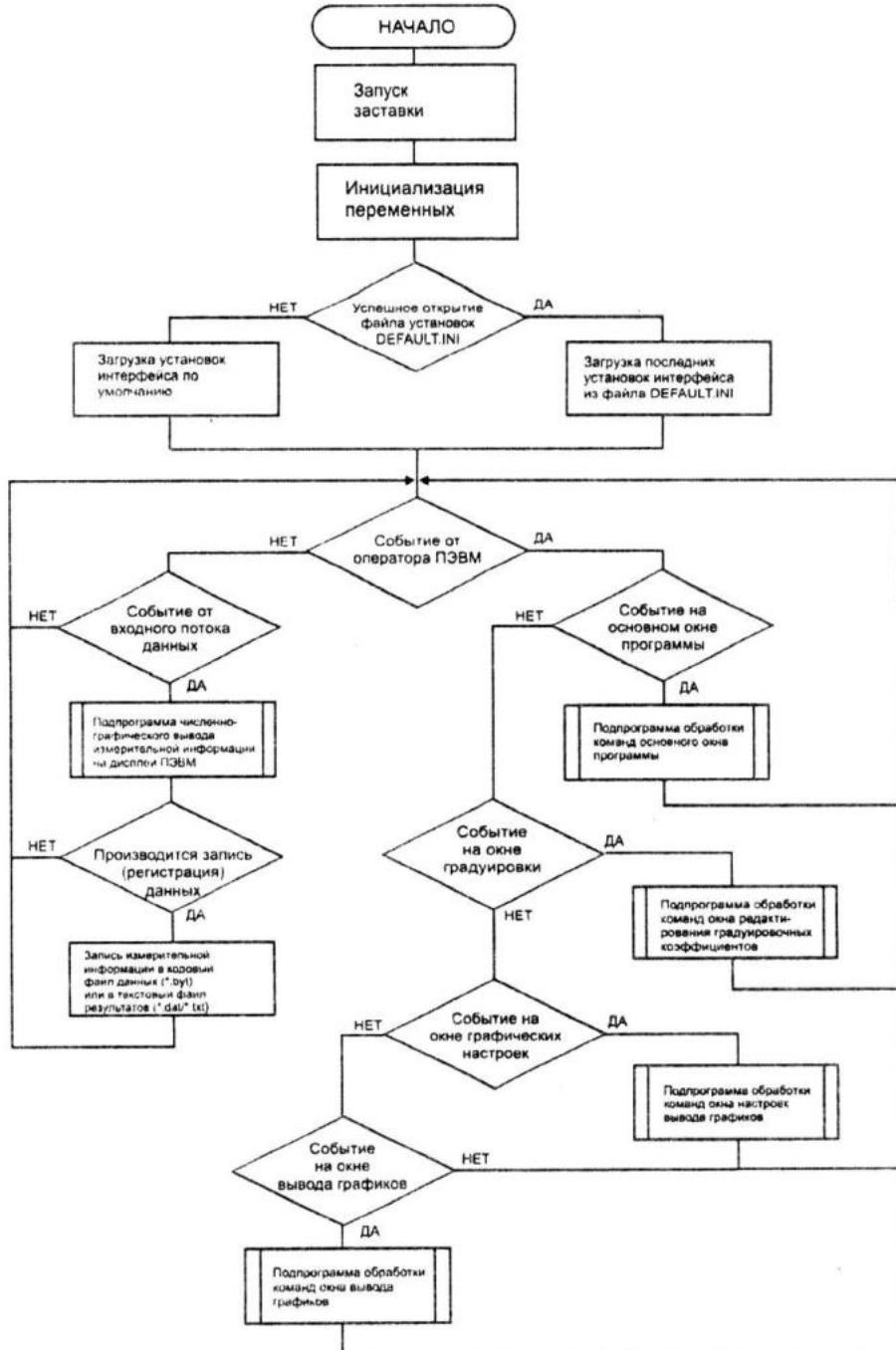


Рисунок 8 – Обобщенная блок-схема программы “MICRZOND”

Гидрохимический зонд ГХЗ-1 прошел Государственные приемочные испытания в апреле 2007 г. и рекомендован к выпуску установочной серией.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Руководство по гидрологическим работам в океанах и морях. – Л.: Гидрометеоиздат, 1977. – С. 562–583.

2. Патент Украины № 76230. Опубл. 17.07.2006. Бюл. № 7. Цифровой измеритель температуры. Авторы: В.А. Гайский, П.В. Гайский, А.Н. Логвинчук, А.В. Клименко.

3. Патент Украины № 74904. Опубл. 15.02.2006. Бюл. № 2. Кондуктометр. Авторы: В.А. Гайский, А.В. Клименко.