

СТД-ИЗМЕРИТЕЛЬ УРОВНЯ МОРЯ ИУМ – 1

**В.А.Гайский, Н.А.Греков, П.В.Гайский,
А.В.Клименко, А.Н.Логвинчук,
В.Ж.Мищуров, М.Н.Пеньков,
В.А.Трофименко***

Морской гидрофизический институт
НАН Украины
E-mail: oaoi@alpha.mhi.iuf.net
*Гидрометслужба Минэкоресурсов
Украины
E-mail: vtrofim@i.com.ua

Дается краткое описание измерителя уровня моря, содержащего измерительные каналы разностного давления, электропроводимости и температуры воды и предназначенного для установки в водомерном колодце.

Давно назрела необходимость замены или дублирования поплавковых самописцев уровня моря, установленных в колодцах на береговых постах по побережью Черного моря, на современные автоматические измерители с регистрацией и передачей по каналам связи цифровых данных. Такой прибор создан в Морском гидрофизическем институте НАНУ. Он предназначен для измерения уровня моря H в диапазоне $0 - 2$ м с погрешностью $\pm 0,4$ (или $\pm 0,2$) %.

В работе [1] приводится описание макетного образца, в [2] дается обоснование требований к метрологическим характеристикам, в данной работе описывается рабочий образец прибора, в [3] приводятся результаты опытной эксплуатации.

Известные гидростатические измерители уровня моря не могут удовлетворить требованиям по точности измерения H $0,2$ % из-за влияния изменчивости атмосферного давления и изменения плотности воды в прибрежной полосе при изменении температуры и опреснении за счёт дождевых стоков [2]. Целью разработки было исключение этих недостатков. В приборе используется принцип определения уровня моря по измерению разности гидростатического давления на фиксированном горизонте под поверхностью и давления атмосферы, измерению удельной электропроводимости и температуры воды и рассчитанному значению плотности из регионального уравнения состояния воды.

Внешний вид прибора показан на рис.1. Прибор содержит погружаемый в воду цилиндрический контейнер с размещенными

внизу датчиками, электроникой, соединительной жесткой трубкой длиной 2 м и гибким шлангом (длиной по месту) с блоком управления и индикации, помещённым в цилиндрический герметичный контейнер, защищённый от свободного доступа и вандализма.

Блок – схема электронной аппаратуры прибора показана на рис.2.

В состав электроники погружного блока входят каналы измерения разности гидростатического и атмосферного давлений, электропроводимости и температуры, микроконтроллер ADuC812 BS с дополнительной флэш памятью.

Структурная схема канала разностного давления показана на рис.3. В канал входят датчик разностного давления типа MPX 2000 фирмы Motorola и инструментальный усилитель типа INA 114 фирмы Analog Device, обладающий малыми шумами и малым температурным дрейфом. Для исключения прямого контакта мембранны датчика с водой используется переходная камера специальной конструкции. Второй вход датчика открыт в контейнер, соединённый трубкой с атмосферой. Датчик давления питается от прецизионного источника напряжения REF02 с номиналом $+ 5$ В $\pm 0,1$ %, температурным коэффициентом $8,5 \cdot 10^{-6}$. Канал давления имеет нелинейность 1 % и индивидуально градуируется. Гистерезис датчика по давлению и температуре ограничивает точность канала без специальной обработки на уровне 0,4 %. При алгоритмической коррекции гистерезисных составляющих, требующей наличия рядов отсчетов и соответствующих градуировок, точность канала давления может быть 0,15%. Структурная схема канала электропроводимости воды приведена на рис.4. В канал входят датчик электропроводимости (ДЭП), генератор тока (ГГ), ключ токовый КТ (F 7301), ключи мостовые K1 – K4 (типа 74 НСТ 66), инструментальный усилитель ИУ (типа INA 114). Четырёхэлектродный датчик электропроводимости выполнен плоским непосредственно на нижней крышке погружного контейнера. Генератор тока реализован на источнике образцового напряжения типа REF 02, включенного в цепь обратной связи операционного усилителя типа ОРА 121. Этот усилитель выбран из-за высокого входного сопротивления и малого температурного дрейфа.

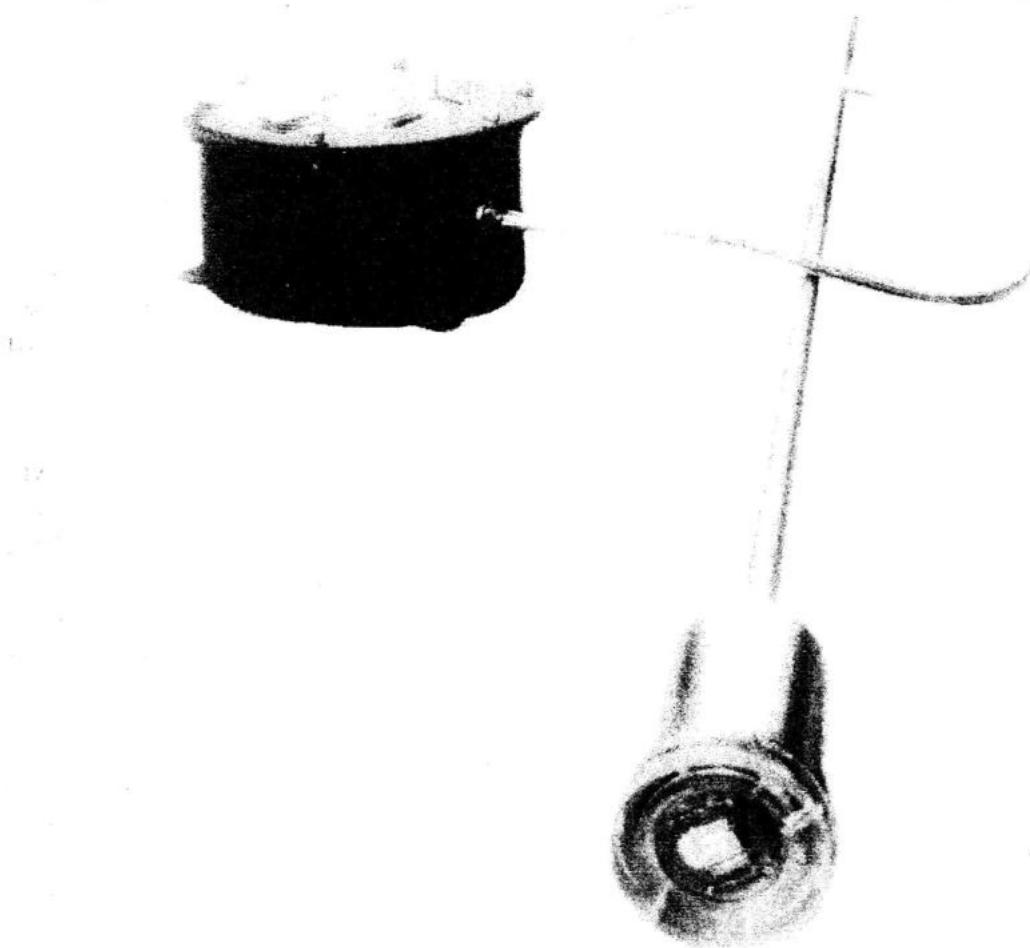


Рис. 1 – Внешний вид СТД-измерителя уровня моря ИУМ-1

Датчик запитывается по токовым электродам периодическим разнополярным импульсным током с частотой 5 ÷ 15 кГц, а импульсы напряжения с потенциальных электродов с информативной амплитудой поступают на выход коммутатора и далее на аналого-цифровой преобразователь микроконтроллера AduC 812. Более подробно канал электропроводимости описан в [4].

В качестве датчика температуры воды используется цифровой кварцевый датчик типа DS 1621 фирмы DALLAS.

Датчик температуры размещается внутри контейнера в тепловом контакте с нижней крышкой. Выход датчика температуры подан непосредственно на цифровой порт микроконтроллера.

Основные метрологические характеристики измерительных каналов приведены в таблице.

№ п/п	Измеряемый параметр	Диапазон	Разрешение	Погрешность (2σ)
1.	Разностное давление, МПа	0 – 20	0.013 %	0,35 % 0,15 % (при коррекции)
2.	Температура, $^{\circ}\text{C}$	0 – 35	0,035	0,1
3.	Электропроводимость, отн. ед.	0,01 – 0,9	0,003	0,01

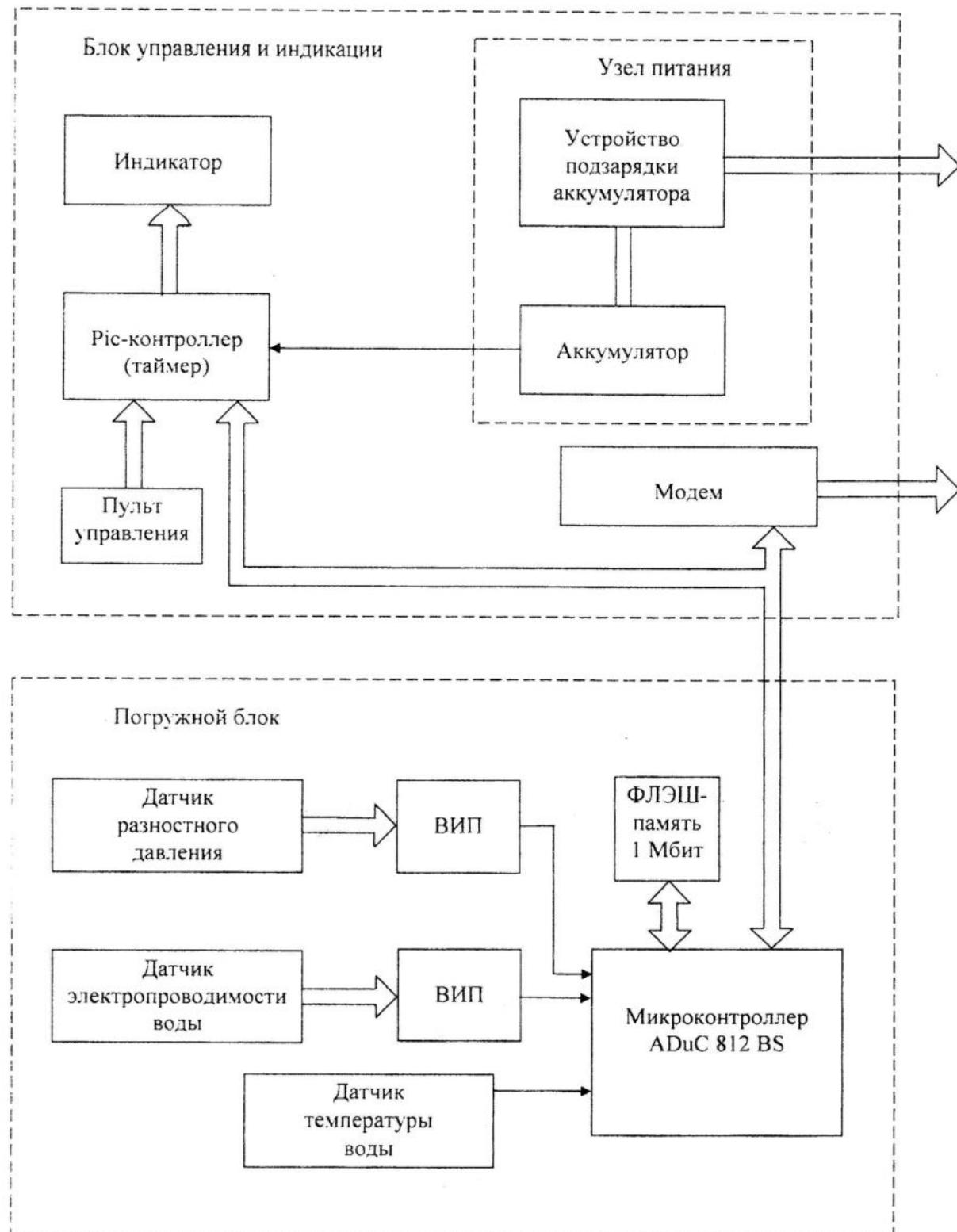
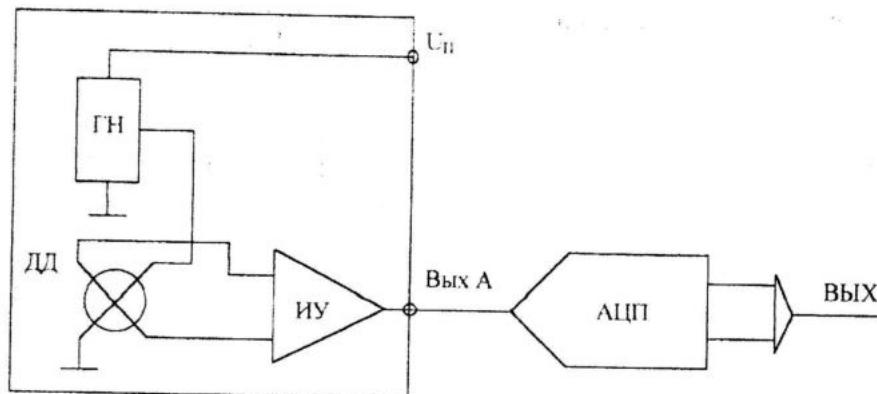


Рис. 2 - Блок-схема электронной аппаратуры измерителя уровня моря

Микроконтроллер ADuC812 BS является комбинированной микросхемой, содержащей аналоговый коммутатор на 8 каналов, 12 – разрядный аналого-цифровой преобразователь на 10^5 преобразований в секунду и универсальный микропроцессор

с характеристиками, аналогичными микропроцессору типа 8051 фирмы Intel.

В качестве дополнительной ФЛЭШ – памяти объемом 1 Мбайт с последовательным вводом- выводом данных используется микросхема AT 45DO81 фирмы Atmel.



- ГН - генератор напряжения (REF - 02);
 ДД - датчик давления (MPX 2010DP);
 ИУ - инструментальный усилитель (INA114);
 АЦП - аналогово-цифровой преобразователь (ADuC812).

MPX 2010DP:

- | | |
|--|----------------|
| - максимальное давление | - 10 кПа; |
| - полный диапазон выходного напряжения | - 25 мВ; |
| - чувствительность | - 2.5 мВ/ кПа; |
| - линейность | - 1 % (max). |

Рис. 3 - Структурная схема канала разностного давления

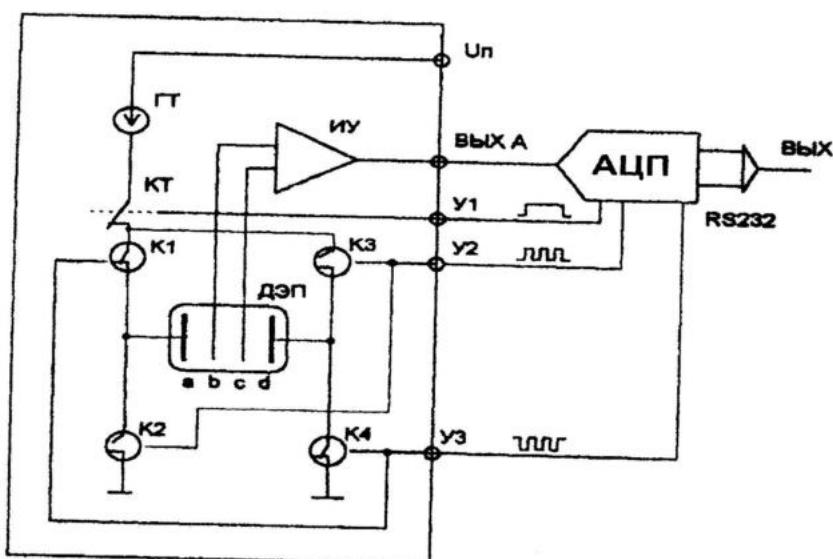


Рис. 4 - Структурная схема канала электрической проводимости с датчиком, вторичным измерительным преобразователем и микроконтроллером

В эту память помещается до 49000 кадров опроса измерительных каналов уровня-мера. При минимально-возможном интервале опроса 1 с памяти хватает на 12 часов работы, а при интервале опроса 1 мин. – на 30 суток. Обмен данными памяти с микроконтроллером осуществляется по стандартному протоколу SPI. Обмен данным микроконтроллера с внешними потребителями осуществляется по протоколу UART.

В состав блока управления и индикации входят таймер на pic-контроллере PIC 16F877, индикатор на четыре знакоместа, пульт из четырёх кнопок, узел питания, модем связи.

Электроника погружного блока питается напряжениями +10 В и -10 В от узла питания. Для питания цифровой электроники формируется напряжение -5 В, для питания аналоговой электроники используется

напряжение +9 и -9 В. Узел питания содержит устройство подзарядки аккумулятора от сети ~ 220 В 50 Гц и аккумулятор.

В автономном режиме работы энергопитание осуществляется от стандартного аккумулятора напряжением 12 В. При емкости в 12 ампер-часов его хватает на 50000 циклов опроса.

Возможно питание от сети переменного тока ~ 220 В 50 Гц. Передача данных внешним потребителям осуществляется через модем связи со скоростью 1200 бод на расстояние до 1 км.

Работа измерителя уровня осуществляется следующим образом. Под энергопитанием находится блок управления. Электронный календарь устанавливается на таймере кнопками пульта управления и далее формируется от кварцевого генератора частотой 37768 Гц.

С пульта управления также задаётся требуемый интервал опроса каналов и вызывается просмотр текущих измеренных параметров на индикаторе в произвольный момент времени в течение примерно 15 с.

Опрос каналов начинается с подачи энергопитания на электронику погружного блока, затем в кадр данных передаётся текущее время, осуществляется опрос каналов, запись данных в память и передача во – вне, если подключён внешний потребитель. После этого энергопитание с погружного блока снимается до следующего цикла опроса.

Создано программное обеспечение обработки данных уровнемера в операционных системах MS DOS и WINDOWS.

Программа ввода, регистрации и обработки измерительной информации с измерителя уровня для операционной системы MS Dos выполняет основные функции и предназначена для подключения прибора к маломощным ПК с процессорами 286, 386, 486 и выше и 16-ти цветным графическим дисплеем разрешения 640*480 точек. В то же время возможно использование этой программы и в операционных системах Windows за редким исключением конфликта обращения к последовательному порту и драйверами специфических звуковых карт, по умолчанию объявленных в автозагрузке.

Основные функции программы (рис. 5. 6)

F1 : Включение ввода измерительных данных с последовательного порта компьютера COM1-4 с установками, заданными по клавише F8 параметрами (номер, частота) в режиме монитора (непосредственных измерений прибора).

F2 : Включение ввода измерительных данных с последовательного порта компьютера COM1-4 с установками, заданными по клавише F8 параметрами (номер, частота) в режиме чтения памяти прибора.

F3 : Определение имени и ввод измерительных данных из ранее записанного файла данных типа *.BYT.

F5 : Определение имен файлов :

- записи данных измерений типа *.BYT;
- записи с форматом результатов измерений и обработки в физических величинах и времени типа *.DAT (текстовый) и *.TXT (текстовый с разделителями ";" для последующей загрузки в Excel).

F6 : Редактирование загруженных градуировочных коэффициентов измерительных каналов (последние введенные градуировочные коэффициенты автоматически сохраняются в файле инициализации \INI\LEVELDOS.INI).

F7 : Изменение установок вывода графиков (диапазоны и цвет) на экран.

F8 : Изменение установок параметра последовательного порта ПЭВМ (номер (1-4) и частота (1200-9600бод)).

Esc : Выход из программы с автоматической записью последних настроек и установок в файле инициализации \INI\LEVELDOS.INI.

Аналогичная программа для операционной системы Windows предназначена для более мощных ПК по графическим и вычислительным возможностям и выполняет ряд дополнительных функций :

- работа в режиме мониторинга в реальном времени, результаты измерений и расчётов температуры, солёности, электропроводности, плотности воды и гидростатического давления, напряжения питания, уровня моря отображаются на ПК графически и записываются в случае необходимости на жесткий диск;
- копирование из флэш-памяти прибора первичных данных и расчёты указанных выше физических параметров
- запись полученных данных в текстовый файл на жестком диске ПК;
- получение данных записанных по определённому адресу в флэш-памяти прибора;
- получение данных записанных в определённый промежуток времени в флэш-память прибора;
- определение процента заполнения флэш-памяти прибора;
- очистка флэш-памяти прибора;
- режим работы при котором ПК выполняет функции таймера, периодически, с задаваемым интервалом, отправляя запросы на измерение и запись в флэш-память прибора результатов;
- получение идентификатора измерительной платы содержащего серийный номер платы, величину сопротивления задающего ток в датчике

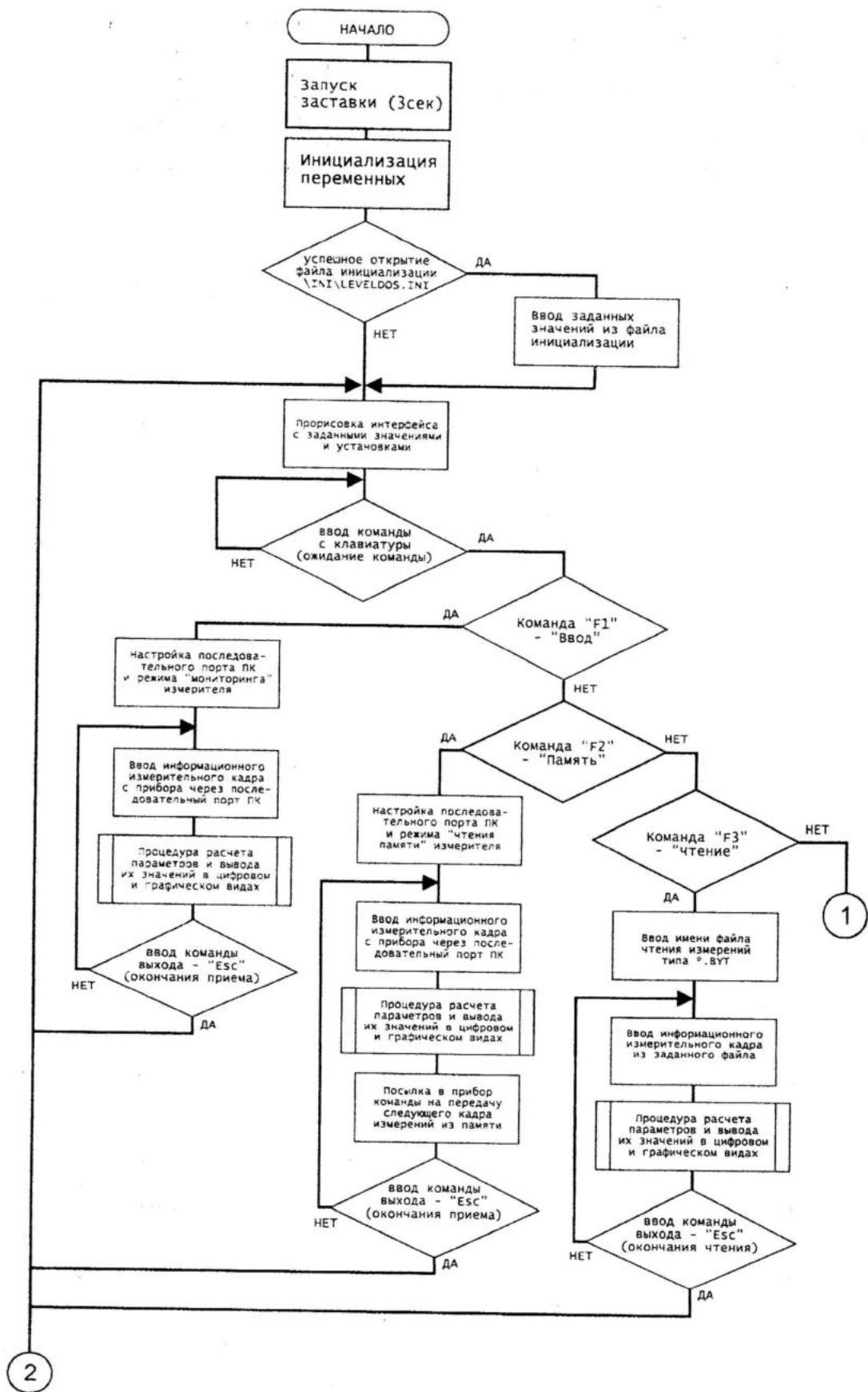


Рис. 5а - Блок-схема программы обработки данных измерителя уровня моря для операционной системы ПК MS Dos

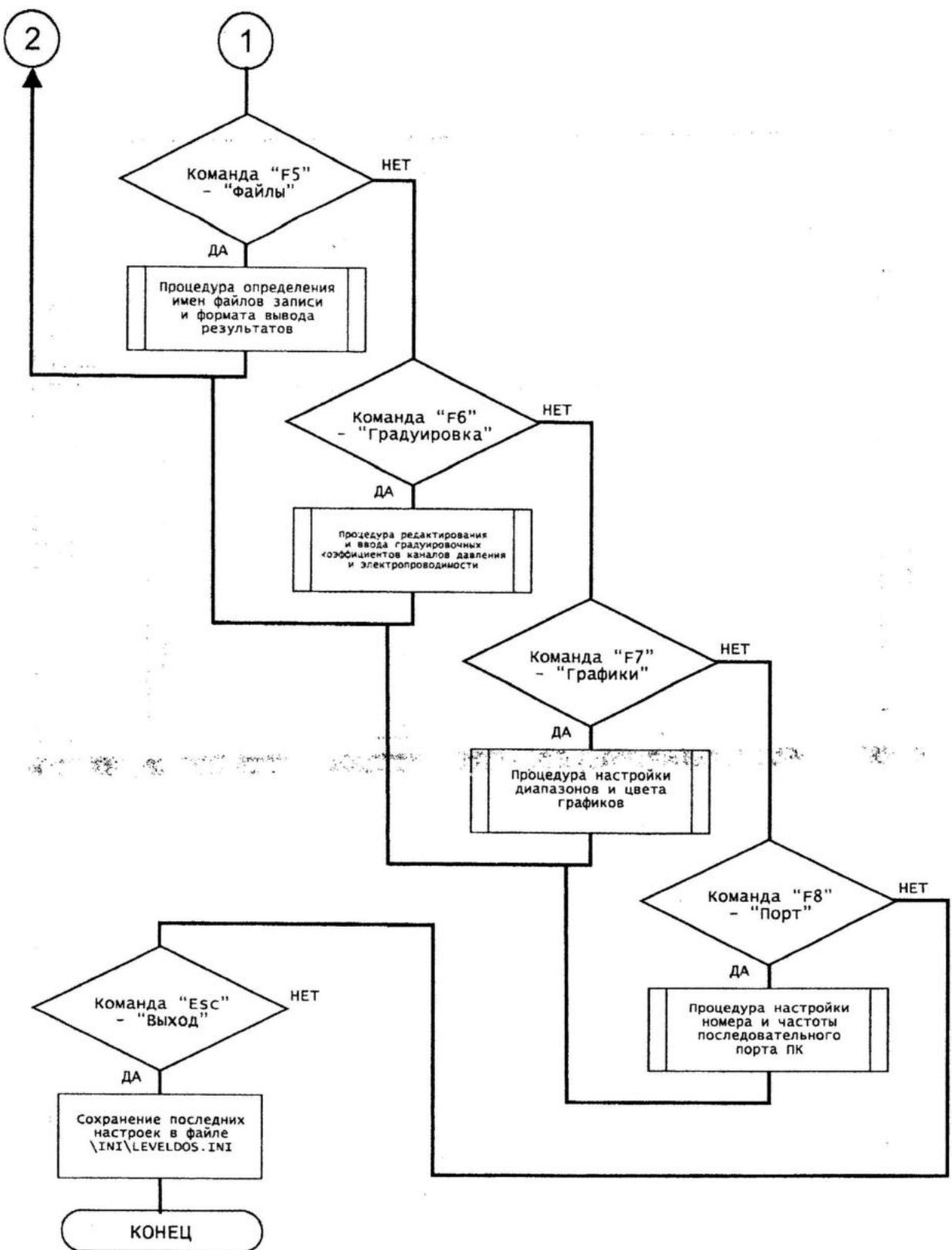


Рис. 5б - Блок-схема программы обработки данных измерителя уровня моря для операционной системы ПК MS Dos

электропроводности, величины сопротивлений задающих коэффициенты усиления по каналам

давления и электропроводности.

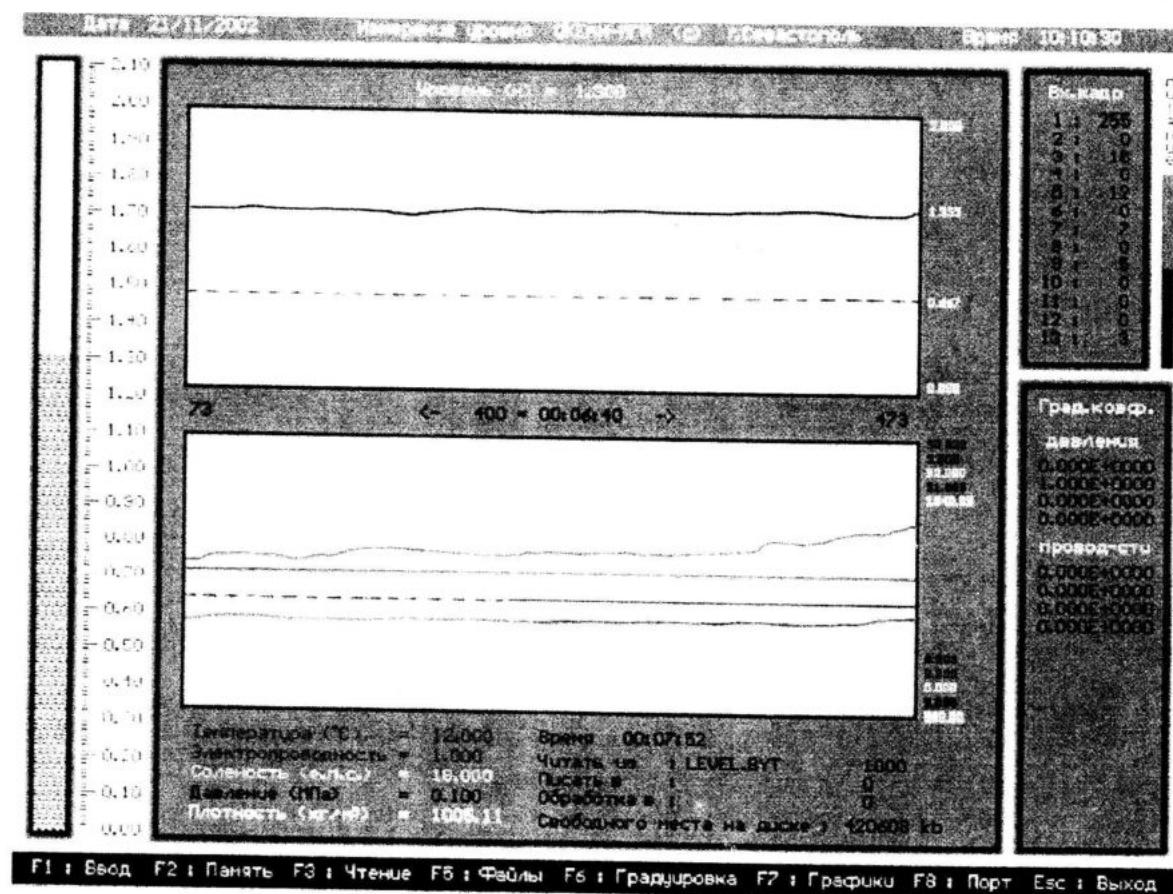


Рис. 6 - Интерфейс программы обработки данных измерителя уровня моря для операционной системы ПК MS Dos

Заключение. В результате разработки создан прибор, имеющий в десятки раз меньшую погрешность измерения по сравнению с используемыми самописцами уровня и обеспечивающий полную автоматизацию измерения, регистрации и передачи данных по каналам связи или на машинных носителях, дальнейшую обработку данных на ЭВМ.

Прибор предназначен для использования на Черном и Азовском морях, где диапазон изменения уровня не превышает 2 м. При больших диапазонах изменения уровня и возникновении вертикальной стратификации по температуре и солености вычисления интегральной плотности воды по измерениям температуры и электропроводимости в одной точке будут не корректными.

Поэтому актуальной остается создание современного автоматического измерителя уровня, в котором результат измерений не зависел бы от вертикальной стратификации плотности или учитывал ее.

ЛИТЕРАТУРА

1. Гайский В.А., Греков Н.А., Гайский П.В. и др. Измеритель уровня моря. "Системы контроля окружающей среды". Сб. науч. тр. / НАН Украины. МГИ: - Севастополь, 2001. - С. 67 - 70.
2. Забурдаев В.И., Гайский П.В., Логвинчук А.Н. Требования к метрологическим характеристикам и алгоритмам обработки данных гидростатических измерителей уровня воды. Системы контроля окружающей среды. Сб. науч. тр. / НАН Украины. МГИ: - Севастополь, 2002. - С. 108 - 118.
3. Греков Н.А., Забурдаев В.И., Клименко А.В., Логвинчук А.Н., Мишурев В.Ж., Пеньков М.Н. Результаты исследовательских испытаний ИУМ – 1. Системы контроля окружающей среды. Сб. науч. тр. / НАН Украины. МГИ: - Севастополь, 2003.
4. Клименко А.В. Измерительный преобразователь с импульсным выходом для контактного датчика электрической проводимости. Системы контроля окружающей среды. Сб. науч. тр. / НАН Украины. МГИ: - Севастополь, 2002. - С. 63 - 65.