

## АВТОМАТИЗИРОВАННЫЙ ИЗМЕРИТЕЛЬНЫЙ КОМПЛЕКС БЕНТОС-1

*П.В.Гайский\**, *Н.А.Греков\**,  
*А.В.Клименко\**, *А.Ф.Урожай\**,  
*В.И.Рябушко\*\**, *М.Ю.Алеев\*\**

\*Морской гидрофизический институт  
НАНУ, г. Севастополь  
E-mail: oaoi@alpha.mhi.iuf.net

\*\*Институт биологии южных морей  
НАНУ, г. Севастополь

*Дано описание новой разработки экспериментального образца автоматизированного измерительного комплекса для исследования продуктивности групп бентоса. Приведены основные технические характеристики и особенности исполнения.*

В рамках договора с Институтом биологии южных морей НАНУ был разработан и изготовлен экспериментальный образец автоматизированного стенда для исследования продуктивности групп бентоса. Погружной модуль стенда представляет из себя каркасное устройство (рисунок 1), предназначенное для одновременного

контроля за температурой и содержанием растворенного кислорода в шести герметичных прозрачных стеклянных емкостях (ЕМ) с перемешивающими устройствами и передачи полученной измерительной информации через кабель связи (КС) на последовательный порт ПК (в телеметрическом режиме или во встроенную энергонезависимую флэш-память (в автономном режиме)).

Питание и опрос датчиков осуществляется с помощью центрального электронного модуля (ЦЭМ), находящегося в герметичном корпусе непосредственно рядом с емкостями. Электронный модуль содержит блоки управления, связи, флэш-память и аккумуляторную батарею для автономного питания измерителя. Длина кабеля связи и питания в телеметрическом режиме и при подзарядке аккумулятора может быть до 100 метров. Обработка, отображение и регистрация измерительных данных с прибора или флэш-памяти осуществляется с помощью специализированного программного обеспечения микроконтроллера ЦЭМ и ПК.

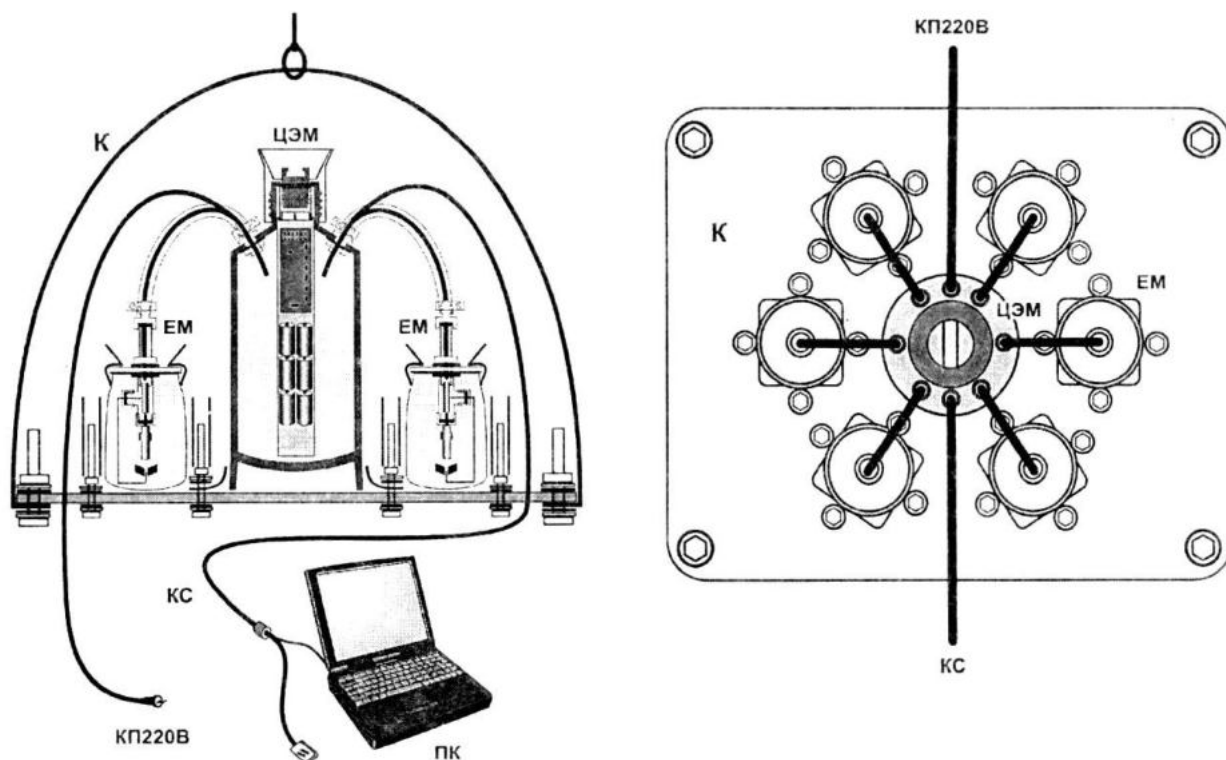


Рисунок 1 – Общий состав и виды (сбоку и сверху) автоматизированного стенда

Прибор может использоваться для одновременного измерения температуры и содержания растворенного кислорода в шести герметичных емкостях с жидкой субстанцией, находящихся в воздушной или водной среде на глубине не более 5 метров (внешнее давление < 0.5 атм.). В качестве датчиков температуры использу-

ются цифровые датчики DS1624 с корректировочной индивидуальной градуировкой. В качестве датчиков растворенного кислорода используются контактные двух-электродные датчики с серебряными электродами (рисунок 2). Основные технические характеристики стенда приведены в таблице 1.

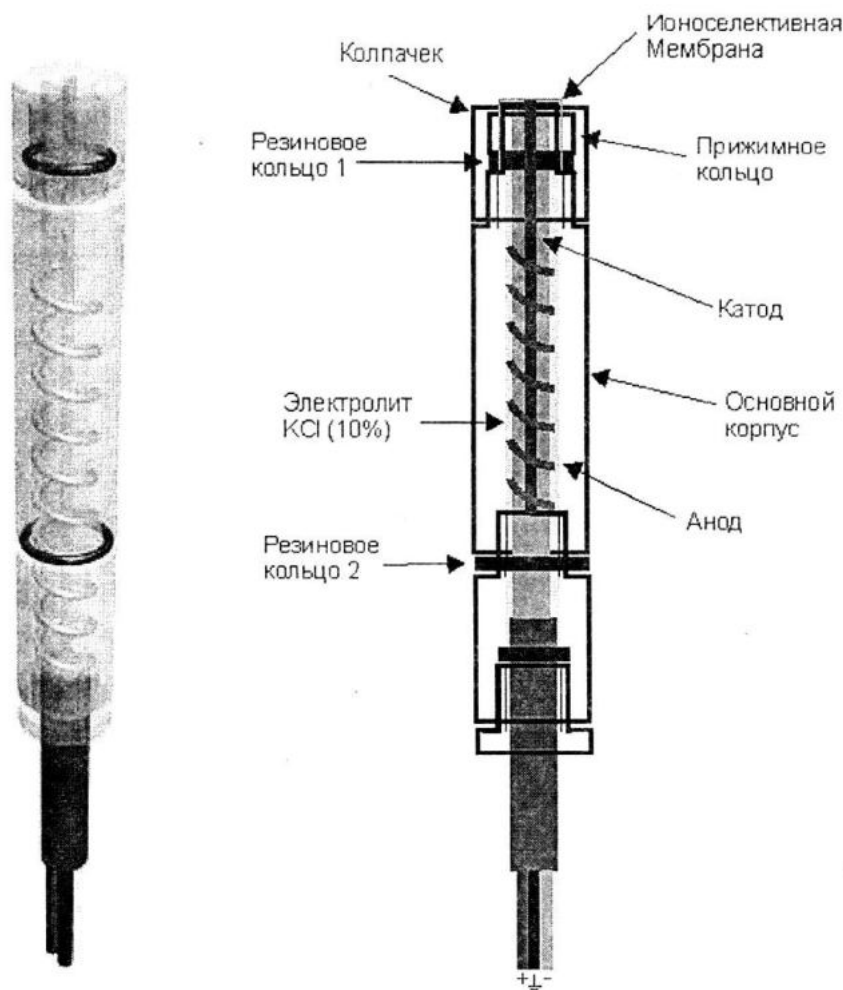


Рисунок 2 – Внешний вид и основные элементы конструкции датчика растворенного кислорода

В телеметрическом режиме связь и передача информации осуществляется через КС между ПК и ЦЭМ при включенном питании от блока питания 9÷12В или от встроенного аккумулятора.

Запись во встроенную флэш-память осуществляется либо принудительно подачей команды настроек с заданными оператором ПК начальным отсчетом времени и частотой опроса датчиков, либо автоматически (без ПК) - после подачи питания на

устройство и при отсутствии внешних команд в течение 10 минут измерений с периодом 1 раз в 10 секунд. Также, при автономном режиме ПК может быть отключен от КС после подачи первоначальных настроек.

Зарядка аккумуляторов осуществляется подачей питания на ЦЭМ через КС при включенном тумблере автономного питания на ЦЭМ.

Формат измерительного кадра, поступающего на последовательный порт ПК с

частотой 19200 бод или во флэш-память представлен на рисунке 3.

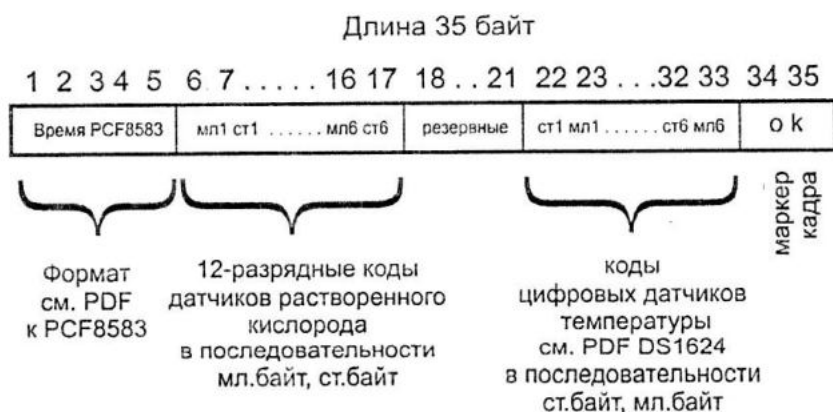


Рисунок 3 – Формат измерительного кадра

Таблица 1 – Основные технические характеристики прибора

Наименование и единица измерения	Значение
1 Измерительные каналы температуры	
1.1 Диапазон измерений, °C	от -5 до +45
1.2 Разрешение, °C	0,03
1.3 Пределы допускаемой абсолютной погрешности в диапазоне от 0 до 40°C (при доверительной вероятности 0,95), °C	± 0,12
2 Измерительные каналы растворенного кислорода	
2.1 Диапазон измерений, мг/л	от 0 до 20
2.2 Разрешение, мг/л	0,05
2.3 Пределы допускаемой абсолютной погрешности (при доверительной вероятности 0,95), мг/л	0,5
2.4 Периодичность градуировки и перезаправки датчиков, сутки	90
2.5 Время входа датчиков в нормальный рабочий режим после подачи питания, мин.	20
3 Период опроса измерительных каналов, с	1, 10, 60, 600
4 Модуль энергонезависимой памяти блока памяти в автономном варианте	
4.1 Емкость, Мбайт	4
4.2 Время чтения всей памяти на ПК через КС, с	2500
4.3 Время форматирования памяти через КС, с	260

Наименование и единица измерения	Значение
5 Энергопотребление 5.1 Пиковая мощность потребления ЦЭМ, ВА 5.2 Питание КС, В, А 5.3 Питание КП220В, В, Гц	не более 1 9÷12; 0,5 ~220; 50
6 Аккумуляторная батарея (3 x 2 = 6 шт. по 1,2В) 6.1 Емкость, А/ч, В 6.2 Длительность подзарядки аккумуляторов (при токе 0,5А через КС), ч	5; 7,2 10 ÷ 15 (в зависимости от степени разряда)
7 Габаритные размеры 7.1 Габаритные размеры каркасного крепления ширина, мм, не более длина, мм, не более высота, мм, не более 7.2 Габаритные размеры ЦЭМ диаметр, мм, не более высота, мм, не более 7.3 Габаритные размеры ЕМ диаметр, мм, не более высота, мм, не более 7.4 Емкость ЕМ, л 7.5 Длина соединительных КС и КП220В, м	500 600 700 200 600 150 300 1,2 50
8 Масса 8.1 Масса погружной части стенда, кг, не более 8.2 Масса соединительных КС и КП220В, кг, не более	30 15

Специализированное программное обеспечение ПК «Бентос» (BENTOS) имеет доступный диалоговый интерфейс (рисунок 5), обеспечивает ввод и регистрацию данных, градуировку измерительных каналов, вторичную обработку и численно-графический вывод измерительной информации. Обобщенная блок-схема программы «Бентос» представлена на рисунке 4.

Датчики температуры являются цифровыми адресными датчиками фирмы Dallas Semiconductor, которые подключены вместе с цифровым таймером rcf8583 к управляющему микроконтроллеру Atmega8L через последовательный порт I2C. Результирующая температура в °С передается с них в двухбайтном двоичном коде. Паспортное разрешение датчиков составляет 0,03 °С в диапазоне -55°С ÷ +125°С. Одна-

ко, для достижения заданной погрешности ( $\pm 0,12$  °С) необходимо проведение корректировочной градуировки. В прикладной программе BENTOS.EXE реализована возможность ввода коэффициентов ( $a_0 \div a_4$ ) корректирующего полинома для каждого датчика до 4-ой степени

$$T_{\text{результатирующая}} = a_0 + a_1 * T_{\text{датчика}} + a_2 * T_{\text{датчика}}^2 + a_3 * T_{\text{датчика}}^3 + a_4 * T_{\text{датчика}}^4 \quad (1)$$

В случае отсутствия корректирующих градуировочных коэффициентов (равенстве нулю) значение температуры для каждого из датчиков определяется исходным кодовым значением, представляющим из себя первоначальное производственное значение температуры в °С.

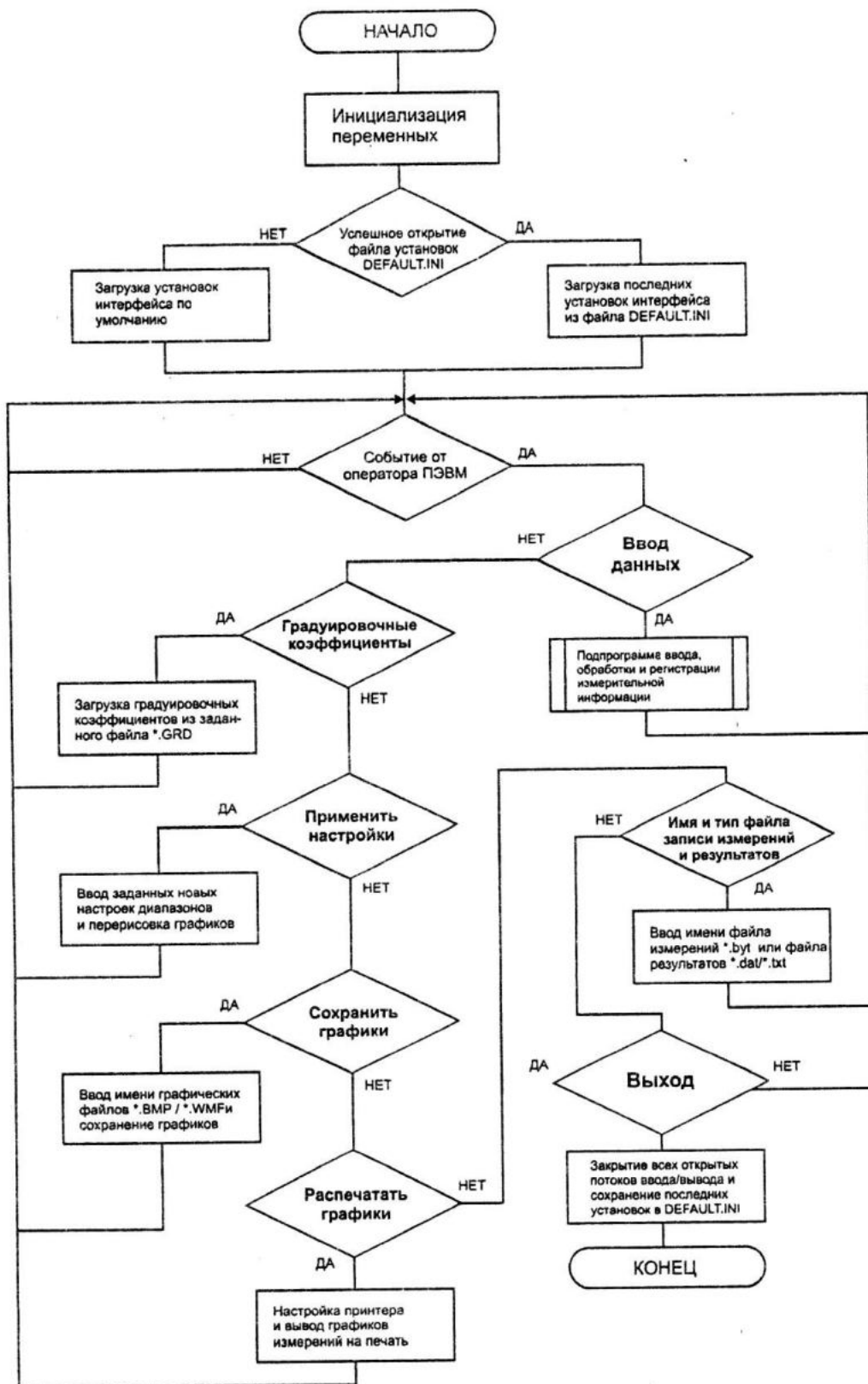


Рисунок 4 – Обобщенная блок-схема программы «Бентос»

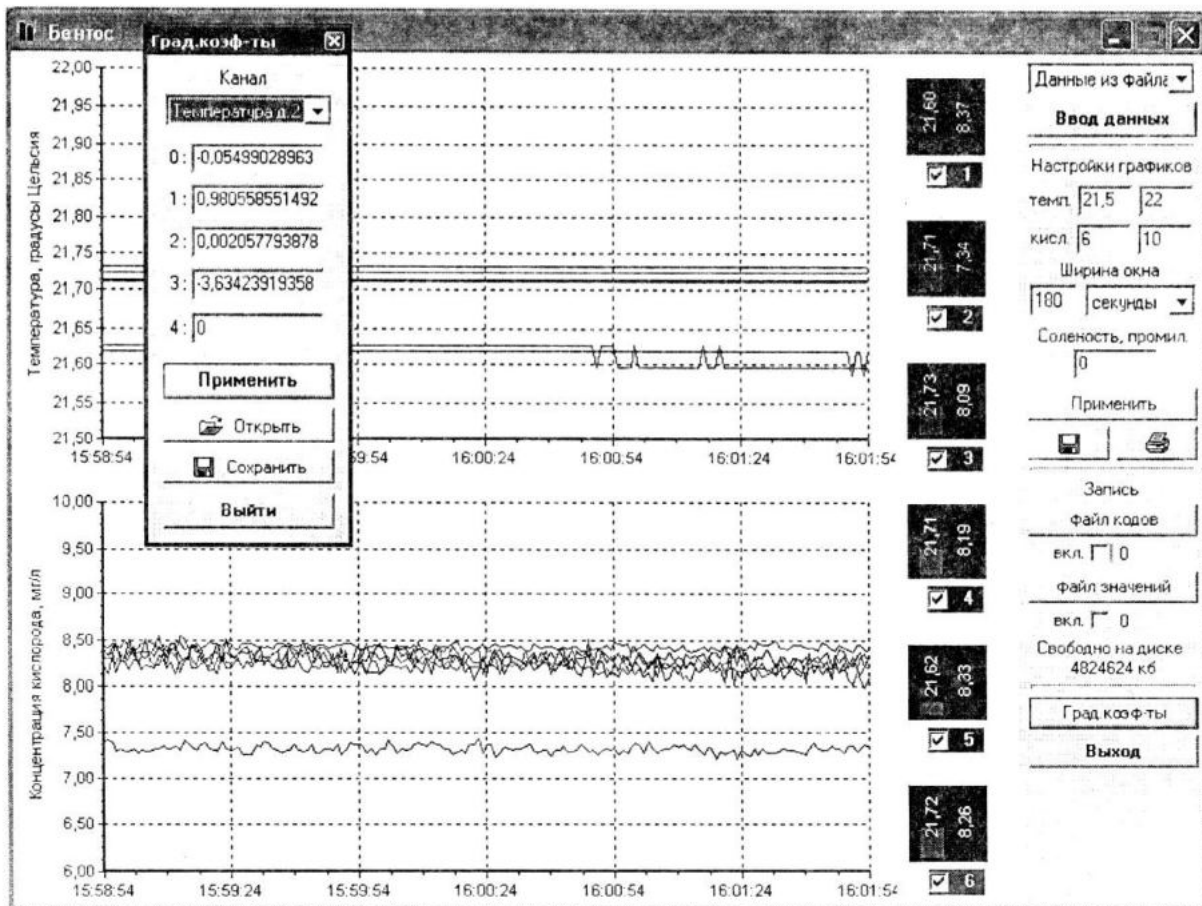


Рисунок 5 - Основное окно интерфейса программы ПЭВМ «Бентос»

При измерении содержания в воде растворенного кислорода используется амперометрический датчик, по принципу работы совпадающий с полярографической ячейкой закрытого типа. Серебряные электроды погружены в насыщенный раствор электролита KCl, который отделен от анализируемой среды мембраной, проницаемой для кислорода, но непроницаемой для жидкости и паров воды. Кислород из анализируемой среды диффундирует через мембрану в тонкий слой электролита между катодом и мембраной и вступает в электрохимическую реакцию на поверхности катода, который поляризуется внешним напряжением (0,7В÷0,8В), приложенным между электродами. Электрохимическая реакция, происходящая на аноде имеет вид  $4Ag + 4Cl^- \rightarrow 4AgCl + 4e^-$ . При попадании молекул кислорода через ионоселективную мембрану на катод происходит их восстановление (присоединение электронов):  $O_2 + 2H_2O + 4e^- \rightarrow 4OH^-$ . При этом в датчике вырабатывается сигнал по-

стоянного тока, который при фиксированной температуре пропорционален концентрации растворенного кислорода в анализируемой среде. Выходной сигнал датчика кислорода поступает на усилитель и АЦП. Градуировка и поверка датчиков растворенного кислорода осуществляется в соответствии с действующей методикой МГИ НАНУ по поверке точечных контактных датчиков растворенного кислорода.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Программирование на языке С для AVR и PIC микроконтроллеров / МК-Пресс, 2006. – 400 с.
2. Описание цифрового датчика температуры DS1624. PDF файл Dallas Semiconductor, 2001. – 16 с.
3. Руководство по эксплуатации. Автоматизированный стенд для исследования продуктивности групп бентоса Бентос-1. УРИЕ. 416438.001 РЭ / г. Севастополь, МГИ НАНУ, 2005. – 28 с.