

МОРСКАЯ ПРИБРЕЖНАЯ СТАНЦИЯ БРИЗ-1

*В.А.Гайский, Н.А.Греков, П.В.Гайский,
В.И.Забурдаев, А.В.Клименко,
В.И.Маньковский, В.Ж.Мишуров,
М.Н.Пеньков,
В.А.Трофименко*, К.А.Кузьмин,
А.Ф.Урожай*

Морской гидрофизический институт
НАН Украины

г. Севастополь, ул. Капитанская, 2

E-mail: oaoi@alpha.mhi.iuf.net

* Гидрометеослужба Украины

г. Киев, ул. Золотоворотская, 6

Дается краткое описание назначения, состава, устройства и характеристик морской прибрежной станции, разработанной в МГИ НАНУ по заказу Гидрометеослужбы Украины.

Морская прибрежная станция (МПС) БРИЗ-1 входит в комплекс оборудования для морской прибрежной гидрометеорологической станции, в составе которого состоят также измеритель уровня моря ИУМ-1 [1, 2] и прибрежная автоматическая метеостанция, созданная в Киевском институте автоматики.

МПС предназначена для измерения гидрологических и гидрохимических параметров в прибрежной зоне на платформах, мачтах, эстакадах, буйковых носителях и донных платформах на глубинах до 50 м и расстояниях от берега до 500 м.

Станция работает в телеметрическом режиме, обеспечивая автоматическое измерение, первичную обработку измерительной информации в реальном масштабе времени, представление данных измерений в

различных формах на дисплее ПЭВМ, формирование данных для хранения.

Измеряются гидростатическое давление (глубина постановки), температура и электропроводимость воды, концентрация кислорода в воде, содержание рН-ионов, прозрачность в синем и красном участках спектра, расстояние до поверхности, из которого определяются высота и период волн.

Фотография МПС БРИЗ-1 представлена на рисунке 1.

В состав МПС входят блок береговой ББ, блок погружной БП и программное обеспечение.

В состав ББ входят: источник бесперебойного питания ИБП, преобразователь АС/ДС, кабели питания и связи.

В состав блока погружного входят: центральный модуль преобразования информации и управления с промышленной ПЭВМ и источниками электропитания – ЦМ; модуль гидролого-химический с измерителями гидростатического давления (глубины) ИГД, температуры ИТ, электропроводности ИЭП, концентрации кислорода ИК, содержания рН-ионов – МГХ; измеритель прозрачности двухбазовый ИП-1 или однобазовый ИП-2; измеритель параметров волн ИПВ; кабель связи центрального модуля с измерительными модулями.

Компоновка модулей БП конструктивно зависит от места и способа постановки.

На рисунке 1 показана компоновка модулей БП в корзине.

В состав программного обеспечения входят: диалоговая программная система "STATION" приема первичной обработки и регистрации измерительной информации для ПЭВМ; программное обеспечение "CENTRMOD" приема, компоновки, передачи и регистрации измерительной информации центрального модуля БП для промышленного компьютера; системное про-

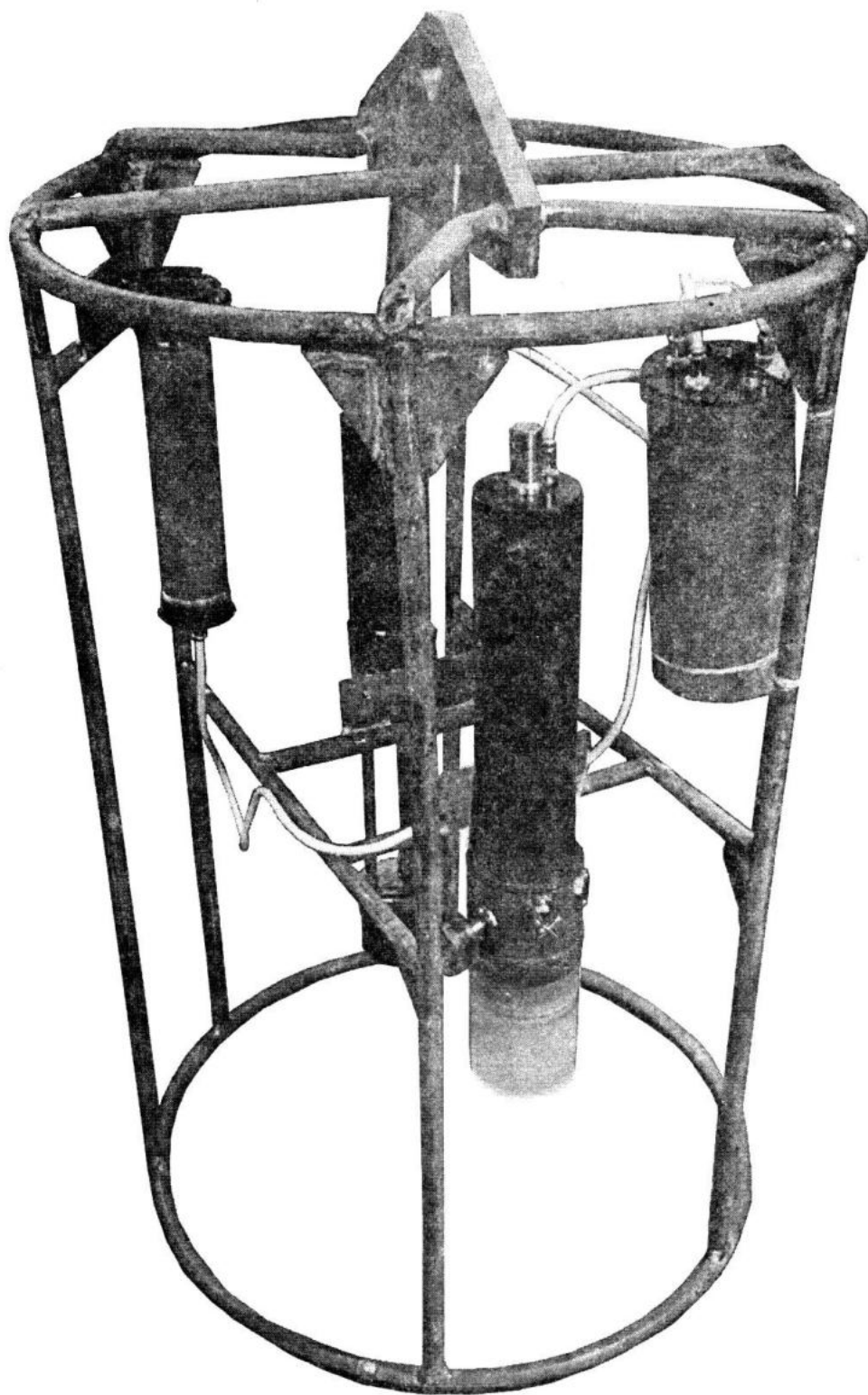


Рисунок 1 – Фотография МПС БРИЗ-1

граммное обеспечение микроконтроллеров измерительных модулей.

Первичная обработка на ПЭВМ включает оперативную обработку поступающей измерительной информации с вычислением и коррекцией измеряемых параметров среды, численно-графическим отображением

результатов на экране дисплея и выводом на печатающие и запоминающие устройства.

Технические характеристики. Метрологические характеристики измерителей БП МПС представлены в таблице 1.

Таблица 1 – Метрологические характеристики измерителей БП МПС

№ п/п	Измеряемый параметр	Диапазон измерения	Случайная погрешность	Погрешность
1	Гидростатическое давление, кПа (глубина, м)	0 – 500 (0 – 50)	±0,3 %	±1,5 % (±2 %)
2	Температура, °С	-2 – +35	±0,01	±0,1
3	Электропроводимость, отн. ед.	0,01 – 1,7	±3 · 10 ⁻⁴	±3 · 10 ⁻³
4	Концентрация кислорода, мл/л	0,1 – 10	±0,01	±10%
5	Содержание рН, ед. рН	1 – 14	±0,03	±0,5
6	Прозрачность, м ⁻¹	0,01 – 1,0	±0,002	±10%
7	Высота волн, м	0 – 10	±0,03	±0,15
8	Период волн, с	1 – 100	±1	±1%

Периоды опроса измерительных каналов представлены в таблице 2.

Таблица 2 – Периоды опроса измерительных каналов

№ п/п	Измерительный канал	Период опроса, с
1	Измеритель параметров волн	от 0,1
2	Гидрологохимические измерители	от 1
3	Двухбазовый измеритель прозрачности ИП-1	от 1
4	Однобазовый измеритель прозрачности ИП-2	от 2, принято 60

Габаритные размеры и массы блоков, модулей и измерителей представлены в таблице 3.

Таблица 3 – Габаритные размеры и массы блоков, модулей и измерителей

№ п/п	Модуль, измеритель	Размеры, мм	Масса, кг
1	ББ	140×360×350	15
2	ЦМ	Ø110×280	3
3	МГХ	Ø200×620	6,2
4	ИП-1	Ø80×720	3,5
5	ИП-2	Ø80×650	9,1
6	ИПВ	Ø110×300	3,5

Структурная схема МПС "БРИЗ-1" представлена на рисунке 2.

В комплект БП входит ИП-1 или ИП-2 по желанию заказчика.

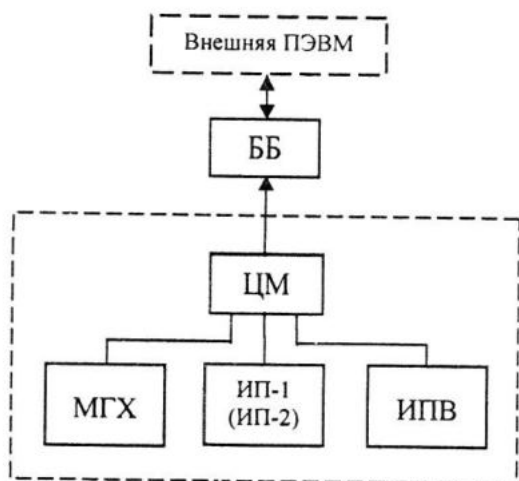


Рисунок 2 – Структурная схема МПС "БРИЗ-1"

Измеритель параметров волн ИПВ служит для измерения расстояния по вертикали от точки постановки БП до поверхности моря, которое используется далее для определения высоты и периода волн. Подробное описание ИПВ дано в [3].

МГХ, ИП и ИПВ соединяются с ЦМ модульными кабелями связи для обеспечения энергопитания и обмена данными.

Устройство и работа центрального модуля. Центральный модуль предназначен для приема, регистрации и передачи на береговой пункт измерительной информации, поступающей через последовательные «СОМ» порты с измерительных модулей: модуля гидрологохимического, измерителя прозрачности и акустического измерителя параметров волн. Кроме того, центральный модуль содержит преобразователи напряжения и обеспечивает энергопитанием все модули станции, получая питание напряжением в пределах 9В÷35В (стандартно, около 24В÷30В) с берегового блока через кабель. Операцию первичной регистрации, компоновки и приема-передачи измерительной информации с привязкой по времени осуществляет встроенная в модуль одноплата промышленная ЭВМ, программное обеспечение которой запускается сразу после подачи питания.

Структурная схема центрального модуля представлена на рисунке 3.

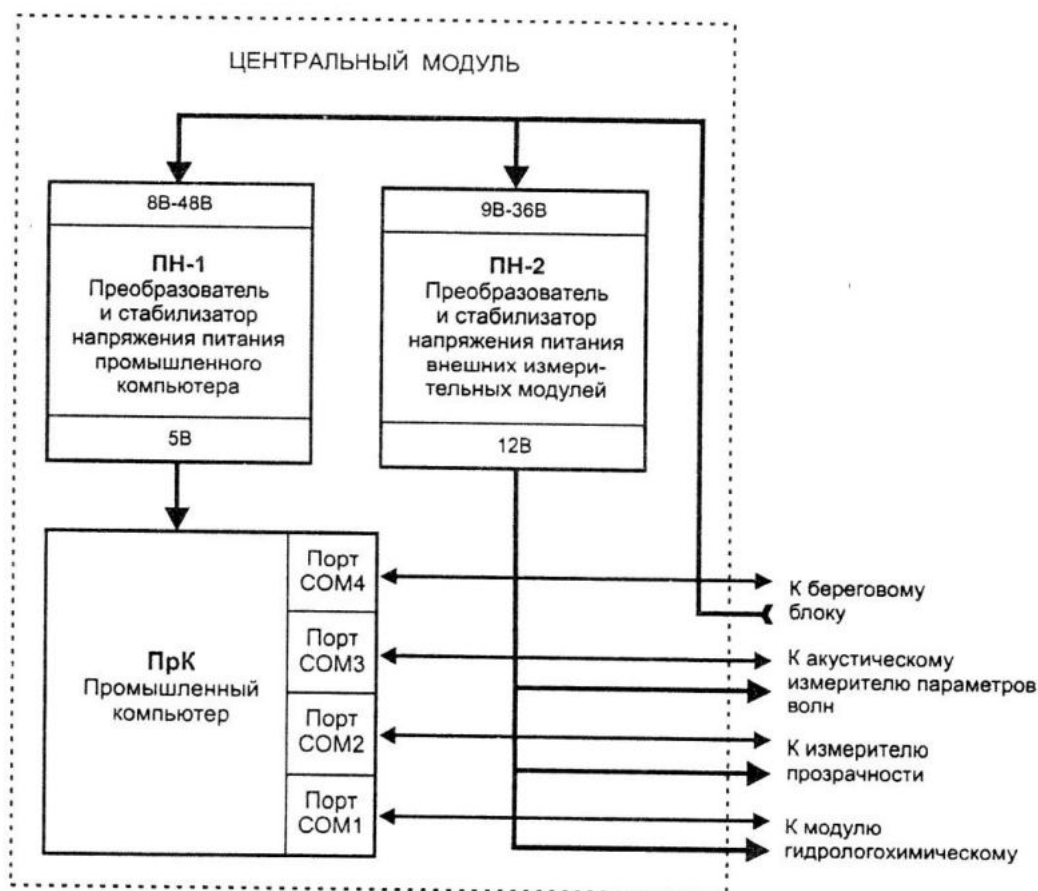


Рисунок 3 – Структурная схема центрального модуля

В состав центрального модуля входят: ПК – промышленный одноплатный компьютер, ПН-1 – преобразователь напряжения питания для промышленного компьютера и ПН-2 – преобразователь напряжения питания для измерительных модулей.

Управление работой центрального модуля осуществляется с помощью встроенного программного обеспечения промышленного одноплатного компьютера и с помощью команд с берегового персонального компьютера. При подаче питания на центральный модуль включается программа инициализации и опроса четырех последовательных портов COM1÷COM4 промышленного компьютера, к которым подключены измерительные модули COM1 – гидрологохимический модуль, COM2 – измеритель прозрачности и COM3 – измеритель параметров волнения. Через COM4 и кабель связи осуществляется связь центрального модуля с береговым блоком и ПК, посредством которой на берег передается скомпонованная измерительная информация со всех измерителей и принимаются команды от оператора ПК.

Составные части внешнего вида центрального модуля, представленные на рисунке 4, включают: герметичный корпус (1); герметичные разъемы (4-х проводные) для подключения внешних модулей в количестве 5 шт. (связь с берегом, связь с гидрохимическим модулем, связь с модулем прозрачномера, связь с модулем волномера и один резервный) (2); кабели связи с внешними модулями (4-х проводные) в количестве 3 шт. длиной 1 метр (3); рамка крепления электронных плат Центрального модуля (4); плата промышленного компьютера стандарта PC/104 (Vortex86-6071/RAM128Mb/128Mb IDE Flash Drive/4COM Ports/OS Windows 98Lite) (5); плата преобразователя и стабилизатора питания с 8 В÷48 В в 5 В, 1.2 А для промышленного компьютера стандарта PC/104 (6); плата преобразователя и стабилизатора питания с 9 В÷36 В в 12 В, 1.67 А для внешних модулей (7).

Устройство и работа модуля гидрологохимического МГХ. Фотография МГХ представлена на рисунке 5.

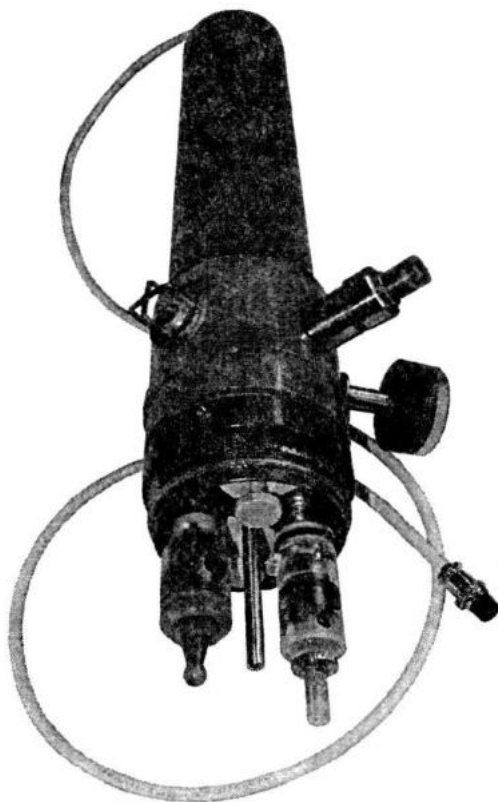


Рисунок 5 – Фотография МГХ

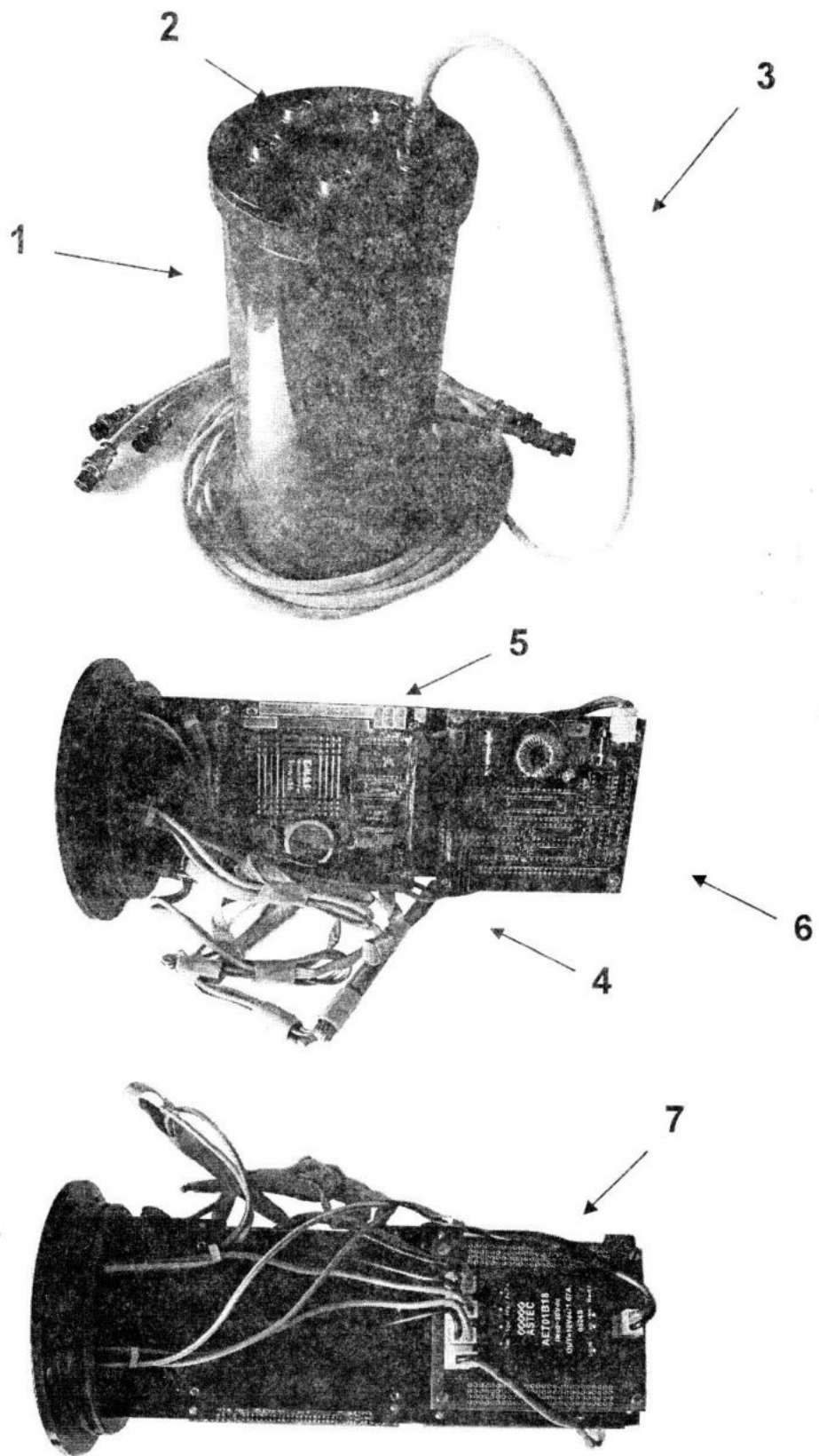


Рисунок 4 – Внешний вид составных частей Центрального модуля МПС

Структурная схема МГХ представлена на рисунке 6.

В состав МГХ входят измеритель гидростатического давления (ИГД), датчики температуры (ДТ-1 и ДТ-2), датчики электропроводности (ДЭП), содержания рН (Д-рН), концентрации кислорода (ДК), вторичные измерительные преобразователи температуры (ВИП-Т), электропроводности (ВИП-ЭП), рН (ВИП-рН), кислорода (ВИП-К), блок преобразования и управления (БПУ), преобразователи напряжения ПН.

В ИГД использован стандартный датчик абсолютного давления с встроенным вторичным измерительным преобразователем типа МРХ 4100, конструктивно защищенный от действия морской воды.

В датчиках температуры ДТ-1 и ДТ-2 использованы стандартные платиновые чувствительные элементы типа HEL-700, конструктивно защищенные от внешнего давления. Датчики выполнены с разной теплоемкостью и, следовательно, разными параметрами тепловой инерции.

В качестве датчика электропроводности ДЭП использован контактный четырехэлектродный датчик на основе кварцевой трубки, разработки МГИ НАНУ.

В датчике содержания рН Д-рН использован стандартный чувствительный элемент типа ЭСЛ-43-07, конструктивно защищенный от внешнего давления, а также электрод стандартный сравнения.

Ионоселективный двухэлектродный датчик концентрации кислорода разработан в МГИ НАНУ.

Вторичный измерительный преобразователь температуры ВИП-Т представляет собой шестиплечий мост, два плеча которого образованы резисторами чувствительных элементов датчиков температуры ДТ-1 и ДТ-2, а четыре других – образцовыми резисторами с малым температурным коэффициентом сопротивления типа VSR-25-0,25 фирмы Wishay.

При этом $R_{x_1} = R_{0_1} + \Delta R_{x_1}$ и $R_{x_2} = R_{0_2} + \Delta R_{x_2}$, где $R_2 = R_{0_2}$, $R_4 = R_{0_1}$, где $R_1 = R_3 = \Delta R_m$ – максимум приращений сопротивлений датчиков ΔR_{x_1} и ΔR_{x_2} в диапазоне измеряемых температур, R_{0_1} и R_{0_2} – минимальные значения сопротивлений датчиков при начальной температуре θ_0 .

Четыре напряжения U_1, U_2, U_3, U_4 с вершин шестиплечевого моста поданы на входы АЦП-1 в БПУ.

По результатам измерения U_i приращения сопротивлений датчиков определяются из выражений

$$\Delta R_{x_1} = \Delta R_m \frac{U_1}{U_3} + R_{0_1} \left(\frac{U_4}{U_3} - 1 \right), \quad (1)$$

$$\Delta R_{x_2} = \Delta R_m \frac{U_2}{U_4} + R_{0_2} \left(\frac{U_3}{U_4} - 1 \right). \quad (2)$$

При линейной зависимости сопротивлений датчиков от температуры текущие температуры датчиков определяются по формулам

$$\theta_1(t) = \frac{1}{\alpha} \Delta R_{x_1}(t) + \theta_0, \quad (3)$$

$$\theta_2(t) = \frac{1}{\alpha} \Delta R_{x_2}(t) + \theta_0. \quad (4)$$

В общем случае могут быть использованы и другие градуировочные характеристики

$$\theta_i(t) = \varphi[\Delta R_{x_i}(t)], i=1,2. \quad (5)$$

В установившемся режиме по этим выражениям определяется температура воды (среды).

Считая, что перегрев датчиков рабочим током незначителен, текущую температуру воды (среды) в динамике определяют по формуле

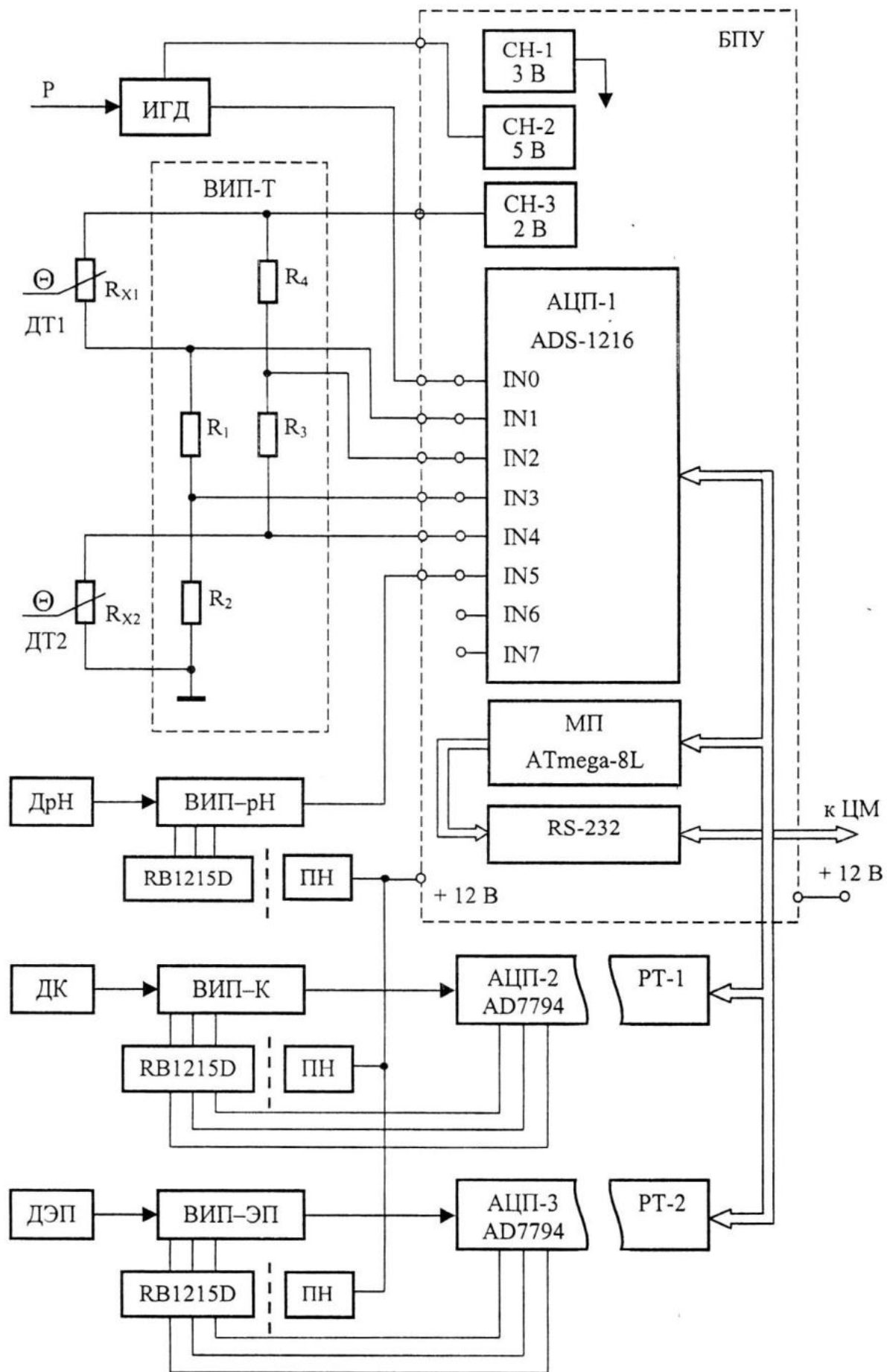


Рисунок 6 – Структурная схема МГХ

$$\theta_c(t) = \frac{\theta_2(t)\theta_1'(t)K - \theta_1(t)\theta_2'(t)}{\theta_1'(t)K - \theta_2'(t)}, \quad (6)$$

где $K = \frac{m_1 c_1}{m_2 c_2}$ – конструктивный параметр, зависящий от теплоемкости $m_1 c_1$ первого и $m_2 c_2$ второго датчиков (m – масса, c – удельная теплоемкость).

ВИП-ЭП предназначен для преобразования проводимости воды в напряжение.

Структурная схема ВИП-ЭП показана на рисунке 7.

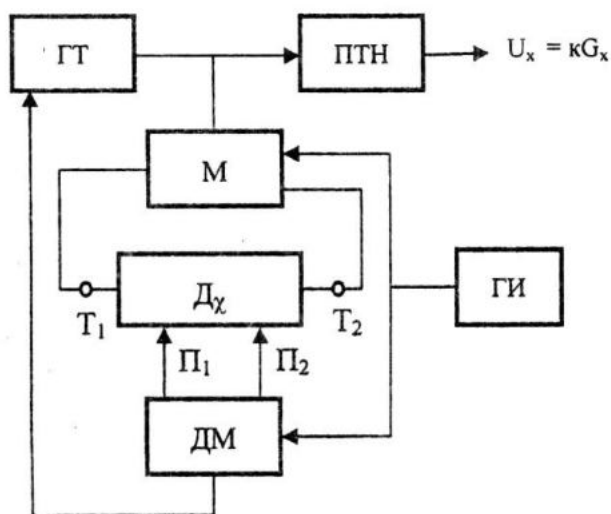


Рисунок 7 – Структурная схема ВИП-ЭП

Преобразователь содержит генератор тока ГТ, падающий ток на токовые электроды $T_1 T_2$ датчика электропроводности D_χ через модулятор М и управляемый по цепи обратной связи через демодулятор ДМ, вход которого соединен с потенциальными электродами $\Pi_1 \Pi_2$ датчика. М и ДМ управляются импульсной последовательностью с генератора импульсов ГИ. Напряжение, пропорциональное току генератора и проводимости воды между потенциальными электродами $\Pi_1 \Pi_2$ датчика, снимается с выхода преобразователя тока в напряжение ПТН.

Подробнее устройство и работа ВИП-ЭП описаны в [4].

Вторичный измерительный преобразователь рН служит для усиления сигнала, снимаемого с потенциметрических электродов сравнения и рабочего.

В состав ВИП-рН входит инструментальный усилитель типа INA116, для которого напряжение смещения формируется генератором тока типа REF200 и операционным усилителем типа ОРА131.

ВИП-К предназначен для преобразования тока датчика кислорода в напряжение.

Структурная схема ВИП-К представлена на рисунке 8.

Генератор тока ГТ-1 служит для поддержания постоянного потенциала на электродах датчика кислорода на уровне 0,77В во всем диапазоне допустимых концентраций растворенного кислорода и выдачи тока, пропорционального концентрации кислорода, в нагрузку $R_{н1}$.

Генератор тока ГТ-2 служит для приведения выходного напряжения к форме, необходимой для восприятия входом АЦП.

ВИП электропроводности, рН и кислорода получают энергопитание через развязанные CD/CD преобразователи типа RB 1215D, от которых питаются также соответствующие АЦП-2 и АЦП-3, типа AD7794, с развязывающими трансформаторами РТ-1 и РТ-2 в каналах.

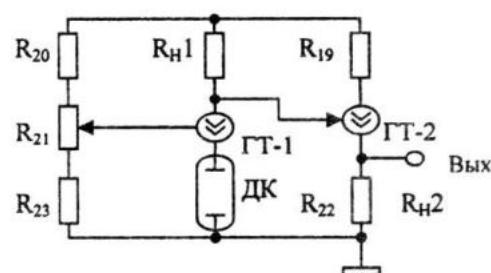


Рисунок 8 – Структурная схема ВИП-К

Блок преобразования и управления БПУ содержит аналого-цифровой преобразователь АЦП-1, микропроцессор МП, стабилизаторы напряжения СН-1, СН-2 и СН-3 и узел интерфейса RS-232.

АЦП-1 служит для преобразования в цифру напряжений с выходов ВИП-Т и ВИП-рН, и реализован на микросхеме ADS1216, имеющей 8 входов и разрешение 21 двоичных разрядов на частоте преобразования 10 отсчетов в секунду.

МП служит для управления работой АЦП и преобразования информации для регистрации и обмена и реализован на микросхеме ATmega-8L.

Стандартный интерфейс RS-232 на микросхеме MAX232 имеет скорость обмена до 9600 бод и служит для связи МГХ и ЦМ.

Устройство и работа измерителя прозрачности ИП-1. Фотография ИП-1 представлена на рисунке 9, а структурно-функциональная схема – на рисунке 10.

Конструктивной особенностью ИП-1 является наличие двух разных оптических измерительных баз L1 и L2, в каждой из которых обеспечивается измерение коэффициента ослабления на длинах волн 467 нм (источник СД1) и 625 нм (источник СД2).

Состав и назначение двух оптических трактов понятны из рисунка 10.

Программное управление (ПУ) работой измерителя осуществляется микроконтроллером на микросхеме типа AduC812, имеющего на входе групповой 12-разрядный АЦП.

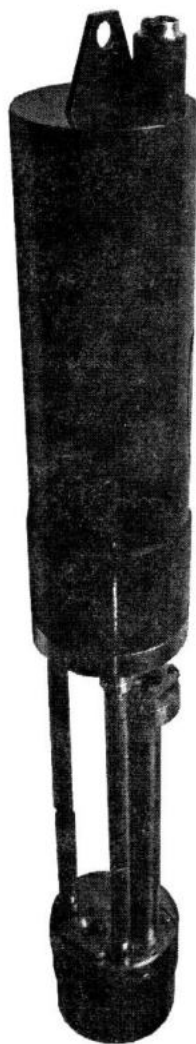


Рисунок 9 – Фотография ИП-1

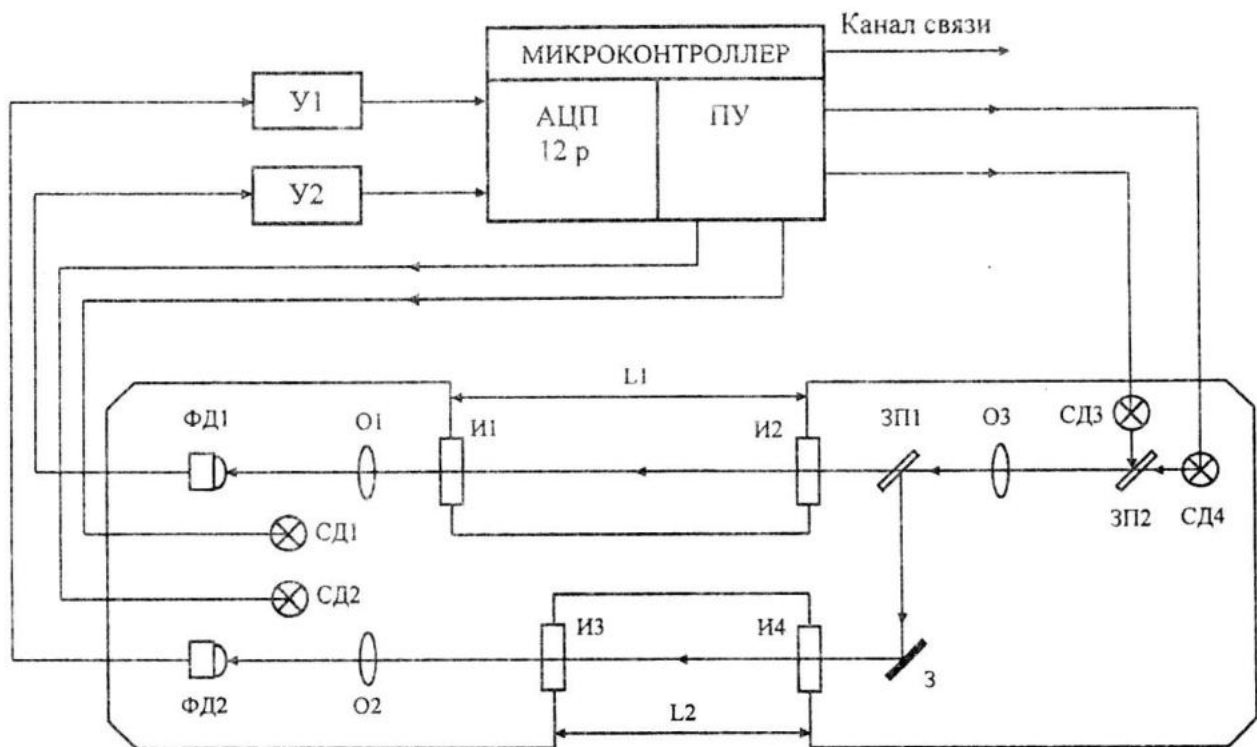


Рисунок 10 – Структурно-функциональная схема ИП-1
 СД1, СД2 – эталонные светодиоды; СД3, СД4 – светодиоды; ФД1, ФД2 – фотодиоды;
 У1, У2 – усилители; О1, О2 – объективы; И1, И2, И3, И4 – иллюминаторы; З – зеркало;
 ЗП – зеркало полупрозрачное; L1 – длинная база; L2 – короткая база;
 ПУ – программное управление; АЦП – аналого-цифровой преобразователь (многоканальный)

Измеритель работает следующим образом.

Измерительный цикл начинается с очередного включения блоков измерительных и эталонных излучателей и фиксации результатов измерения в оперативной памяти микроконтроллера.

В двухбазовом прозрачном измерении используется свойство метода, при котором градуировка прибора, сделанная на воздухе используется для измерения показателя ослабления излучения в воде. При этом нет необходимости вводить поправку на просветление иллюминаторов. Для этого измеряют ослабление излучения на двух фиксированных базах длины: $L1 = 200$ мм и $L2 = 20$ мм.

Величина показателя ослабления связана следующим образом с параметрами прибора

$$\varepsilon = \frac{1}{(L1 - L2)} \times \left[\lg\left(\frac{V2}{V1}\right) - (D1 - D2) + \lg\left(\frac{S1}{S2}\right) \right], \quad (7)$$

где $L1, L2$ – длина оптической базы;
 $D1, D2$ – оптическая плотность трактов, по которым проходит излучение внутри прибора от источника до фотоприемника;
 $S1, S2$ – чувствительности фотоприемников.

Формулу (7) можно представить в виде:

$$\varepsilon = A + B \lg\left(\frac{V2}{V1}\right), \quad (8)$$

где

$$A = \frac{1}{(L1 - L2)} \left[(D1 - D2) + \lg\left(\frac{S1}{S2}\right) \right];$$

$$B = \frac{1}{(L1 - L2)}.$$

Коэффициенты A и B определяются во время градуировки и используются в вычислениях в ЦМ.

В ИП происходит измерение $U1$ и $U2$ на выходах фотоприемников и вычисление значений $\lg\left(\frac{V2}{V1}\right)$.

Измерения выполняются отдельно по каждому из диапазонов 467 нм и 625 нм.

Устройство и работа измерителя прозрачности ИП-2. Фотография измерителя показана на рисунке 11.

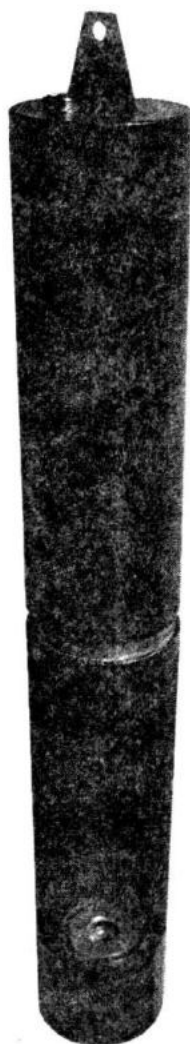


Рисунок 11 – Фотография измерителя прозрачности ИП-2

Измеритель ИП-2 реализован на классической однобазовой схеме прозрачномера [5].

Структурно-функциональная схема измерителя ИП-2 представлена на рисунке 12.

В состав измерителя входят: блок управления БУ, блок фотоприемника БФП, блоки излучателей БИ-1 и БИ-2, шаговый двигатель ШГ.

Назначение и техническая реализация блоков и узлов аналогичны ИП-1. Исключением является шаговый двигатель типа PM1515-01 фирмы Stepmotor, предназна-

ченный для привода шторки, перекрывающей опорный луч света.

Измеритель работает следующим образом.

Цикл измерения показателя ослабления света в каждом спектральном диапазоне осуществляется в три такта. В первом такте шторка перекрывает опорный луч света и на фотодиод попадает лишь измерительный луч. Во втором такте шаговый двигатель открывает шторку, и на фотодиод приходит совместно измерительный и опорные лучи. В третьем такте светодиода выключен и фотодиод регистрирует фоновую засветку.

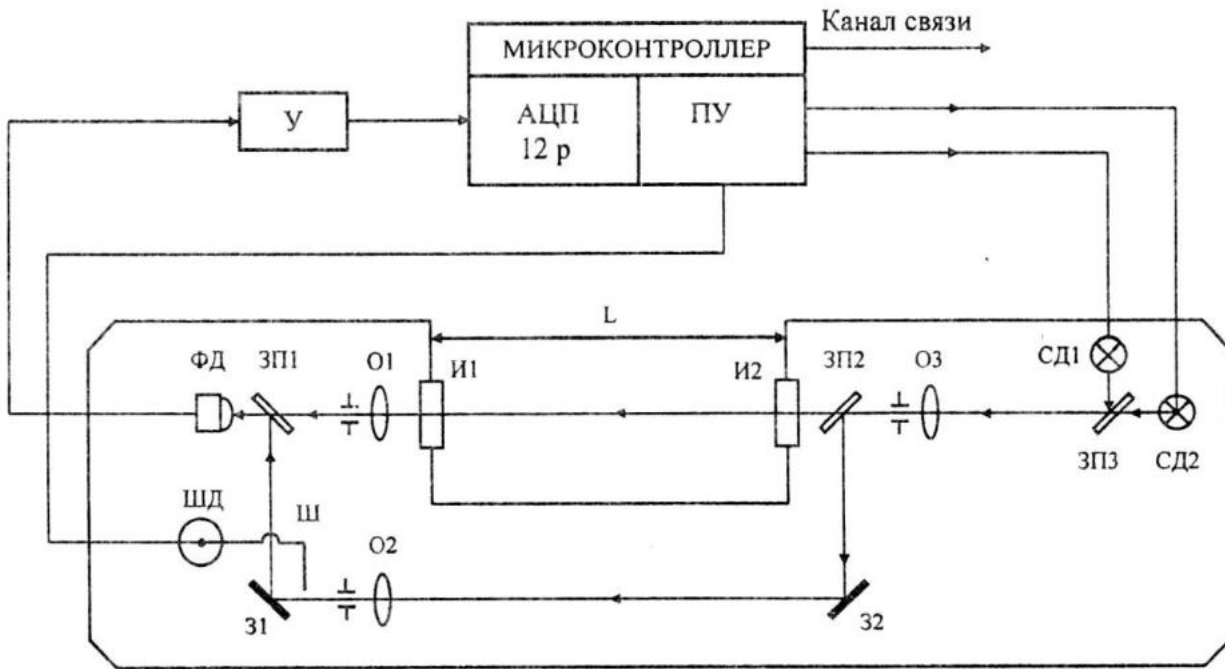


Рисунок 12 – Структурно-функциональная схема измерителя ИП-2
 СД1, СД2 – светодиоды; ФД – фотодиод; У – усилитель; И1, И2 – иллюминаторы;
 О1, О2, О3 – объективы; З1, З2 – зеркала; ЗП1, ЗП2, ЗП3 – зеркала полупрозрачные;
 ШД – шаговый двигатель; Ш – шторка; L – база; ПУ – программное управление;
 АЦП – аналого-цифровой преобразователь (многоканальный)

В результате измерения в каждом такте на выходе фотодиода, с учетом линейности его фотометрической характеристики, регистрируются напряжения U_1 , U_2 и U_3 , зависящие от следующих величин:

$$U_1 = I_0 T_1 S \cdot 10^{(-kL)} + I_\phi T_3 S, \quad (9)$$

$$U_2 = I_0 T_1 S \cdot 10^{(-kL)} + I_\phi T_3 S + I_0 T_2 S, \quad (10)$$

$$U_3 = I_\phi T_3 S, \quad (11)$$

где I_0 – интенсивность излучения светодиода;

I_ϕ – интенсивность фоновой засветки;

T_1, T_2, T_3 – коэффициенты светопропускания оптических трактов: измерительного, опорного, фонового;

S – чувствительность фотодиода;

k – показатель ослабления света в измеряемой среде;

L – длина оптической базы.

В течение полного цикла измерений, составляющего 2 секунды, величины I_0 и S

можно считать с высокой степенью приближения постоянными. С учетом этого, получим:

$$N = \frac{(U_1 - U_3)}{(U_2 - U_1)} = \frac{T_1 \cdot 10^{(-kL)}}{T_2}. \quad (12)$$

Коэффициенты пропускания оптических трактов T_1 и T_2 и длина оптической базы L являются величинами неизменными и, таким образом, изменение величины N зависит только от изменения показателя ослабления света.

Для показателя ослабления получим

$$k = \frac{1}{L \left[\lg \left(\frac{T_1}{T_2} \right) - \lg N \right]}. \quad (13)$$

Устройство и работа берегового блока МПС. Фотография ББ МПС показана на рисунке 13.



Рисунок 13 – Фотография ББ

Структурная схема ББ МПС представлена на рисунке 14.

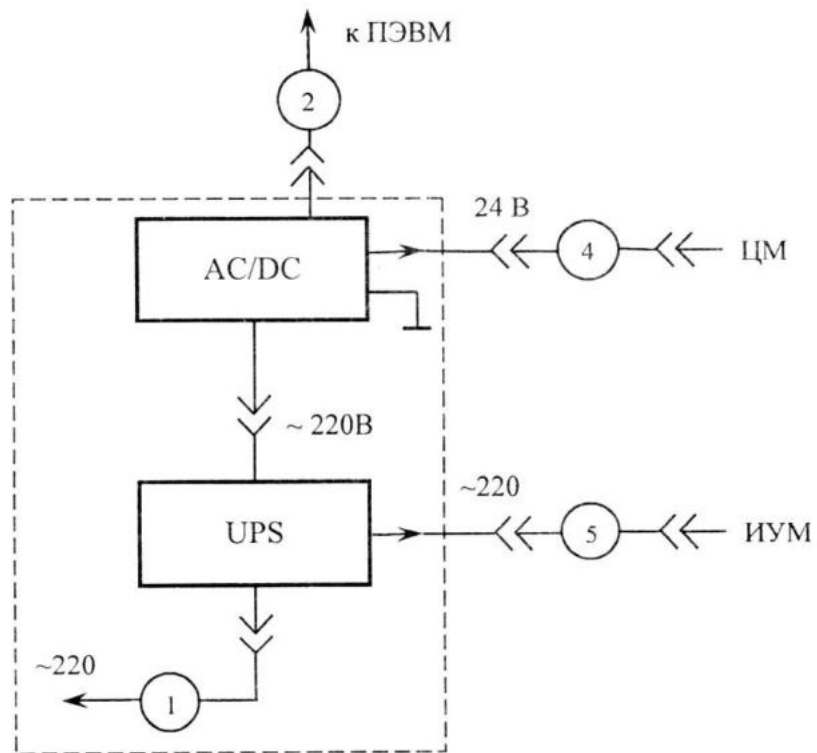


Рисунок 14 – Структурная схема ББ МПС

Береговой блок предназначен для обеспечения бесперебойного питания МПС и ИУМ.

ББ состоит из источника напряжения UPS, преобразователя переменного тока в постоянный AC/DC и имеет в составе кабели питания и связи.

В качестве UPS использован источник бесперебойного питания типа BNT 800A(P) фирмы Powercom мощностью 800 ав. Он

работает в диапазоне входных напряжений $\approx 155\text{--}275\text{ В}$, имеет защиту от короткого замыкания, импульсных помех и всплесков напряжения. В его состав входит свинцово-кислотный аккумулятор со сроком службы 3–6 лет.

Схемы постановки БП МПС БРИЗ-1 показаны на рисунке 15.

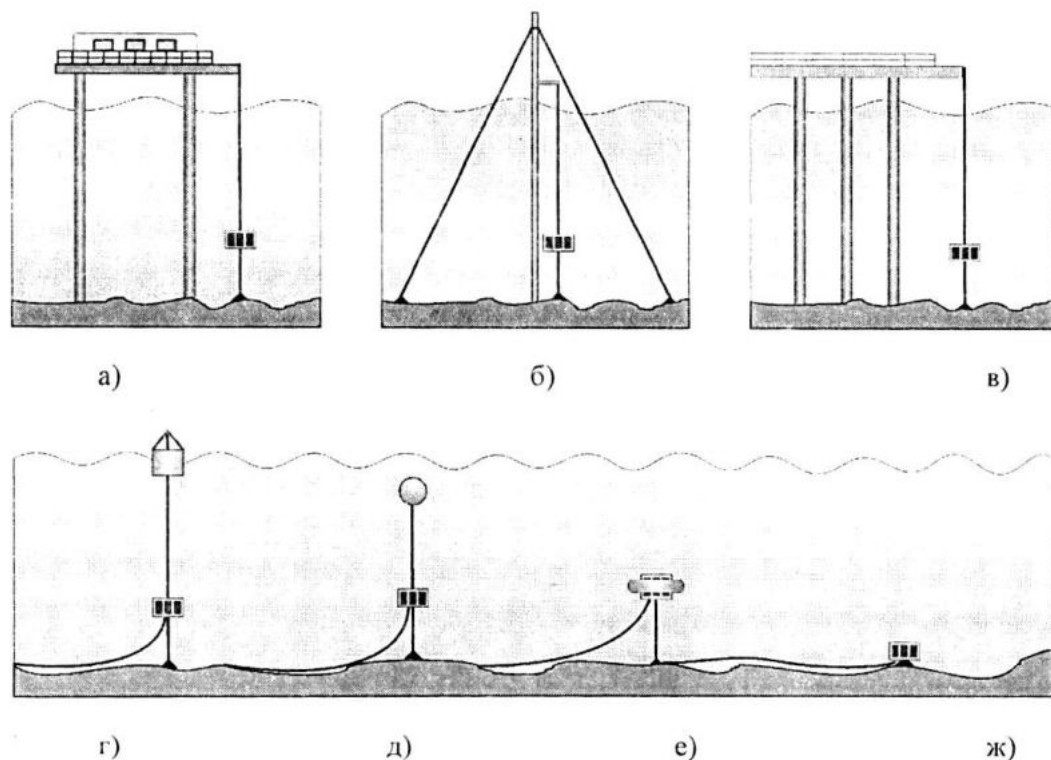


Рисунок 15 – Схемы постановки БП МПС на платформах (а), мачтах (б), эстакадах (в), поверхностных буйах (г), притопленных буйах (д), с присоединенной плавучестью (е), на дне (ж)

ЛИТЕРАТУРА

1. В.А. Гайский, Н.А. Греков, П.В. Гайский, В.И. Забурдаев, В.Ж. Мишуров, М.Н. Пеньков, А.Н. Клидзио, В.А. Трофименко. Измеритель уровня моря. Системы контроля окружающей среды. Сб. науч. тр. / НАН Украины, МГИ: – Севастополь. 2001. – С. 67–70.

2. В.А. Гайский, Н.А. Греков, П.В. Гайский, А.В. Клименко, А.Н. Логвинчук, В.Ж. Мишуров, М.Н. Пеньков, В.А. Трофименко. СТД-измеритель уровня моря ИУМ-1. Системы контроля окружающей среды. Сб. науч. тр. / НАН Украины, МГИ: – Севастополь. 2003. –165 с.

3. А.Н.Греков, Д.М.Васильев, М.Н.Котов. Акустический измеритель параметров волн.Системы контроля окружающей среды. Сб. науч. тр. / НАН Украины, МГИ: – Севастополь. 2006. – С. 51–56.

4. В.А. Гайский, А.В. Клименко, Н.А. Греков, Д.М. Васильев. Измеритель электропроводности жидкости. Системы контроля окружающей среды. Сб. науч. тр. / НАН Украины, МГИ: – Севастополь. 2005. – С. 81–84.

5. В.И. Маньковский, М.Н. Пеньков, А.С. Бондаренко. Прозрачномер для морской прибрежной станции. Системы контроля окружающей среды. Сб. науч. тр. / НАН Украины, МГИ: – Севастополь. 2004. – С. 37–39.