

ЭЛЕКТРОНИКА КОМПЛЕКСА АВТОМАТИЧЕСКОГО БИОМОНИТОРИНГА ВОДНОЙ СРЕДЫ

П.В. Гайский

Морской гидрофизический институт
НАН Украины
г. Севастополь, ул. Капитанская, 2
E-mail: gaysky@inbox.ru

В статье описывается состав и структура электроники автоматизированного биоэлектронного комплекса раннего обнаружения отравляющих загрязнений пресных и морских вод.

Введение. Создание опытного образца автоматизированного биоэлектронного комплекса раннего обнаружения отравляющих загрязнений в пресных и морских водах осуществляется в рамках договора между Морским гидрофизическим институтом (МГИ) и Национальной академией наук Украины. Рабо-

та ведется с учетом технического задания и трехлетнего опыта разработок и эксплуатации экспериментального образца автоматизированного комплекса биомониторинга [1] МГИ и Карадагским природным заповедником НАН Украины. В основе этих приборов лежит оперативный контроль за состоянием двустворчатых моллюсков, находящихся в естественной среде обитания и изменение сопутствующих гидрологических параметров. Комплекс может устанавливаться как в морской среде (прибрежные акватории, места возможных выбросов и стоков), так и в пресной воде (реки, озера, водохранилища, системы водозaborа).

Основная часть. Техническое задание к созданию автоматизированного биоэлектронного комплекса предусматривает технические требования к измерительным каналам и условиям эксплуатации прибора, представленные в таблицах 1 и 2.

Таблица 1
Метрологические характеристики

№	Измерительный параметр	Диапазон измерения	Случайная погрешность	Погрешность
1	Гидростатическое давление, кПа	0 ÷ 200	0,1	±1
2	Температура воды, °C	-2 ÷ +35	0,005	±0,05
3	Освещенность, люкс	0 ÷ 10000	0,1%	5%
4	Расстояние между створками мидий, мм	1 ÷ 15	0,01	±0,1

Таблица 2
Технические характеристики

№	Параметр	Значение
1	Количество биодатчиков	стандартно 16 шт. (не менее 14 шт.)
2	Глубина постановки	стандартно до 20 м (максимально до 40 м)
3	Длина кабеля связи и питания	стандартно 100 м (максимально 300 м)
4	Энергопотребление (погружной модуль)	стандартно 18 ÷ 36 В (минимально 10 В) 2,5 Вт
5	Энергопотребление (бортовой модуль)	стандартно 19 ÷ 24 В (минимально 10 В) 15 Вт
6	Период опроса	стандартно 1 сек
7	Габариты погружного модуля	высота=80см, максимальный внешний диаметр=31см
8	Связь / Сигнализация	TCP-IP / GSM

Поскольку одной из главных целей использования комплекса является обеспечение его автономности и оперативности при первичной обработке измерительных данных для формирования сигнала тревоги, то была разработана структура из модулей общим энергопотреблением до 20 Вт, достаточно мощным вычислительным потенциалом и наличием различных систем связи (рис. 1). В качестве бортового регистратора и модуля управления используется промышленный компьютер семейства fi-Box-PC [2], обладающий всеми стандартными интерфейсами и расширенным набором портов ввода-вывода для подключения внешних устройств.

В данной конфигурации основное управление периферией осуществляется через последовательные порты RS232. Измерительная информация, а также сигнал тревоги может передаваться при наличии подключения в локальную сеть (протокол TCP/IP), в Интернет или в систему GSM связи. В качестве передающего GSM модема может использоваться как USB-модем, так и GSM-терминал. В системе установлен GSM терминал типа MC35TS фирмы Siemens. Управление им осуществляется с помощью программного обеспечения бортового компьютера через COM (RS232) порт с использованием стандартных AT-команд.

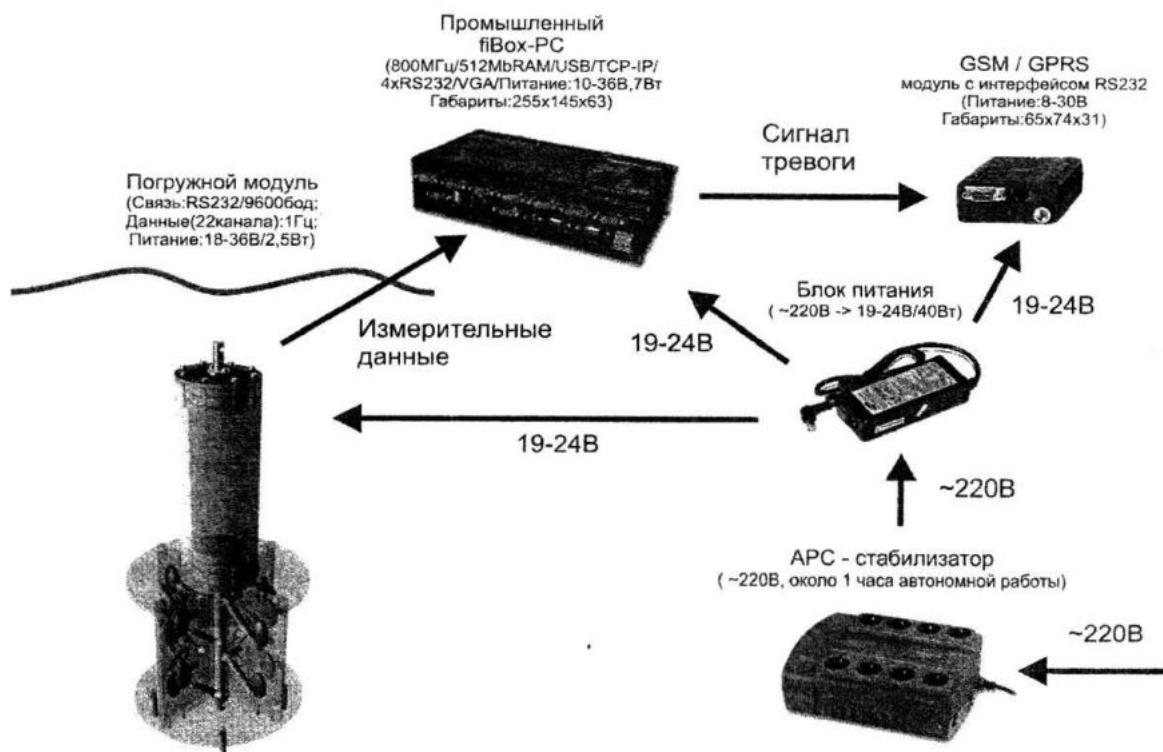


Рис. 1. Структурная схема и состав основных модулей комплекса

Электроника погружного модуля обеспечивается связью и энергопитанием по трехжильному экранированному кабелю. Связь является односторонней и частота передачи измерительных кадров в бортовой модуль определяется первоначальными внутренними программными установками микроконтроллера. Общая структура электронной аппа-

ратуры погружного модуля представлена на рис. 2. В качестве внутреннего первичного преобразователя и стабилизатора напряжения используется DC/DC converter F2013ERW, являющийся аналогом уже не выпускаемого и хорошо зарекомендовавшего себя в предыдущих разработках преобразователя ASTEC AET01B18 (рис. 3).

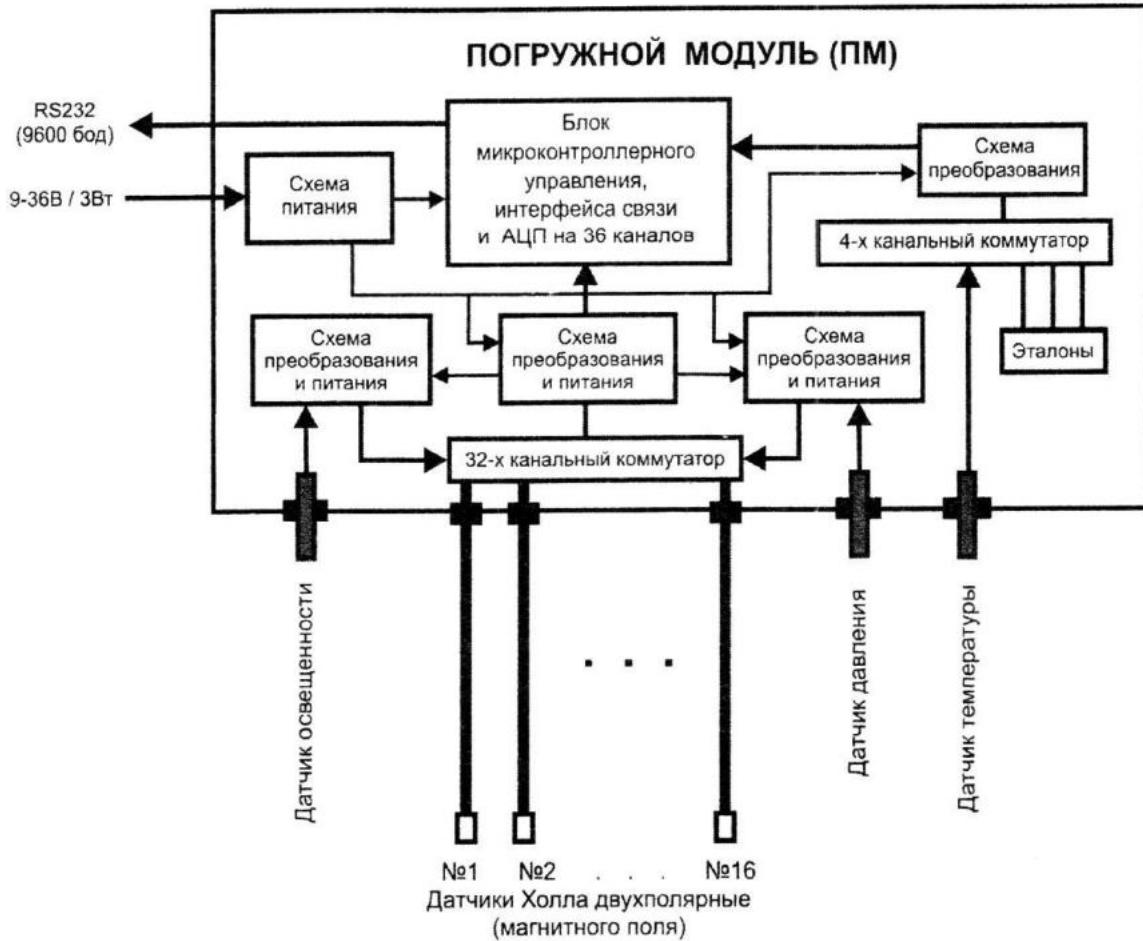


Рис. 2. Общая структурная схема электронной аппаратуры погружного модуля

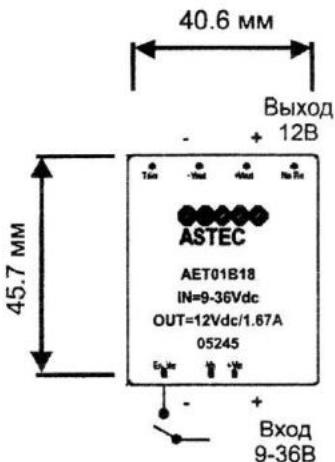


Рис. 3. Общий вид DC/DC преобразователя ASTEC AET

Блок микроконтроллерного управления и аналого-цифрового преобразования измерительных сигналов выполнен на одной печатной плате в двух вариантах: быстродействующий с использованием высокоскоростного АЦП пораз-

рядного уравновешивания AD7691 фирмы Analog Devices (рис. 4) и медленный, но с меньшей себестоимостью, на многофункциональном микроконтроллере ADuC845 [3] со встроенным сигмадельта АЦП (рис. 5). Первая реализация имеет хороший запас по быстродействию и при необходимости может увеличить частоту опроса измерителя до 10 Гц, а также позволяет осуществить подключение дополнительных измерительных каналов при дальнейшей модернизации.

Индикатор величины раскрытия створок моллюсков построен на измерении расстояния по величине магнитного поля между магнитом и датчиком Холла. В качестве сенсора был выбран датчик фирмы Honeywell серии SS490. Он обладает малыми размерами (4 мм), высокой чувствительностью и стабильностью [4]. При внешнем питании от 4,5 до 10 В он формирует с помощью внутреннего усилителя выходной информационный сиг-

нал в диапазоне от 0,2 до 4,8 В, что позволяет его практически напрямую подключать его к коммутатору АЦП. Общий вид датчика и конструкции индикатора представлен на рисунке 6. В качестве локального источника магнитного поля используется покрытый защитной пленкой никелированный неодимовый магнит, при малых размерах (диаметр от 4 до 10 мм) обладающий длительной стабильностью в воде и в воздухе и достаточно большой мощностью (в данной конструкции оказывает воздействие на датчик на расстоянии свыше 30 мм).

Поскольку в измерителе для контроля синхронного поведения моллюсков используется 16 индикаторов (по техническому заданию – не менее 14), а стандартное потребление датчика Холла составляет 7 мА, то потребовалась отдельная схема группового питания со стандартным выходом 5В и током до 200мА (максимально до 1А).

При реализации измерительного канала давления предпочтение было отдано жидкостным датчикам фирм Honeywell (США) (серия MLH) и Jumo (Германия) со встроенным усилителем (входное напряжение 5В, выходное 0,5÷4,5 В) и потреблением до 25мА (рис. 7). В случае использования датчиков без

внутреннего усилителя предлагается электрическая схема усилителя на дешевых или дорогих прецизионных элементах (рис. 8).

Измерительный канал температуры комплекса построен на схеме токового усилителя и дифференциальной коммутации платинового датчика HEL705-U фирмы Honeywell и трех эталонных сопротивлений. Общий вид жидкостного датчика в герметичной керамической оболочке, выпускающегося в двух вариантах сопротивления 100 Ом и 1 кОм представлен на рис. 9.

В качестве чувствительного элемента канала освещенности были выбраны миниатюрные датчики APDS-9002 и APDS-9007 фирмы Avago Technologies. Общий вид датчика и его основные технические характеристики представлены на рис. 10. При внешнем питании датчика в 3В выходной сигнал на сопротивление нагрузки, зависящий от интенсивности света сфокусированного на чувствительном элементе диаметром 1,2мм, будет составлять от 0 до 2,5В. Электрическая схема измерительного канала освещенности представлена на рис. 11.

Общий вид и габариты основных электронных плат погружного модуля комплекса представлены на рис. 12.

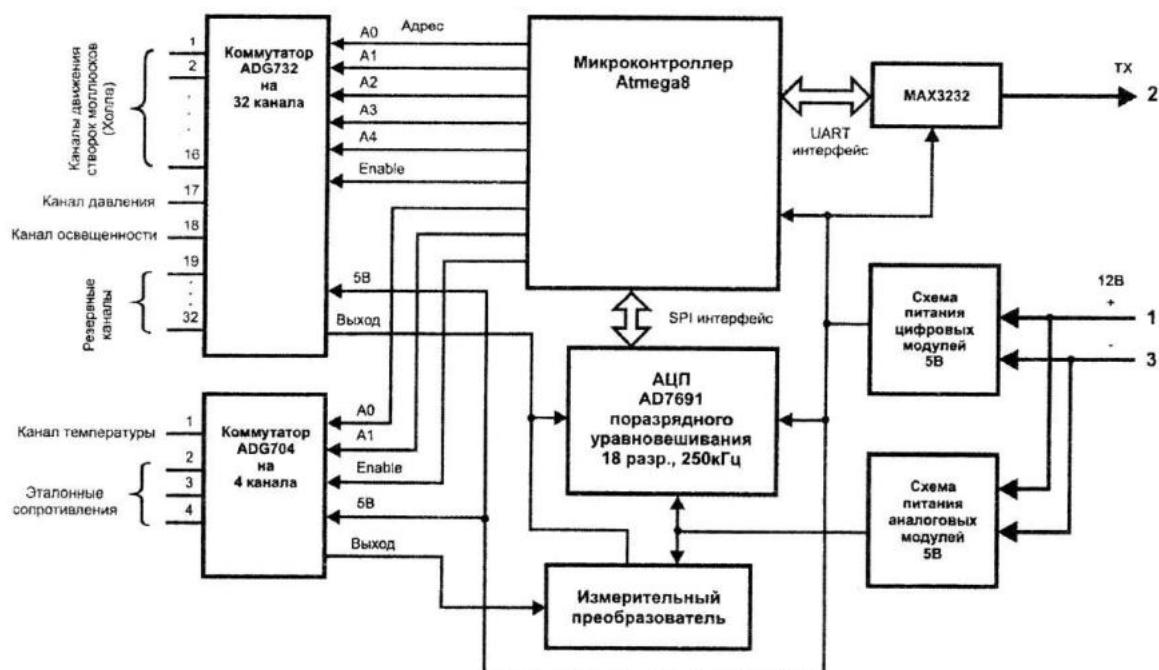


Рис. 4. Структурно-функциональная схема блока управления погружного модуля с АЦП AD7691

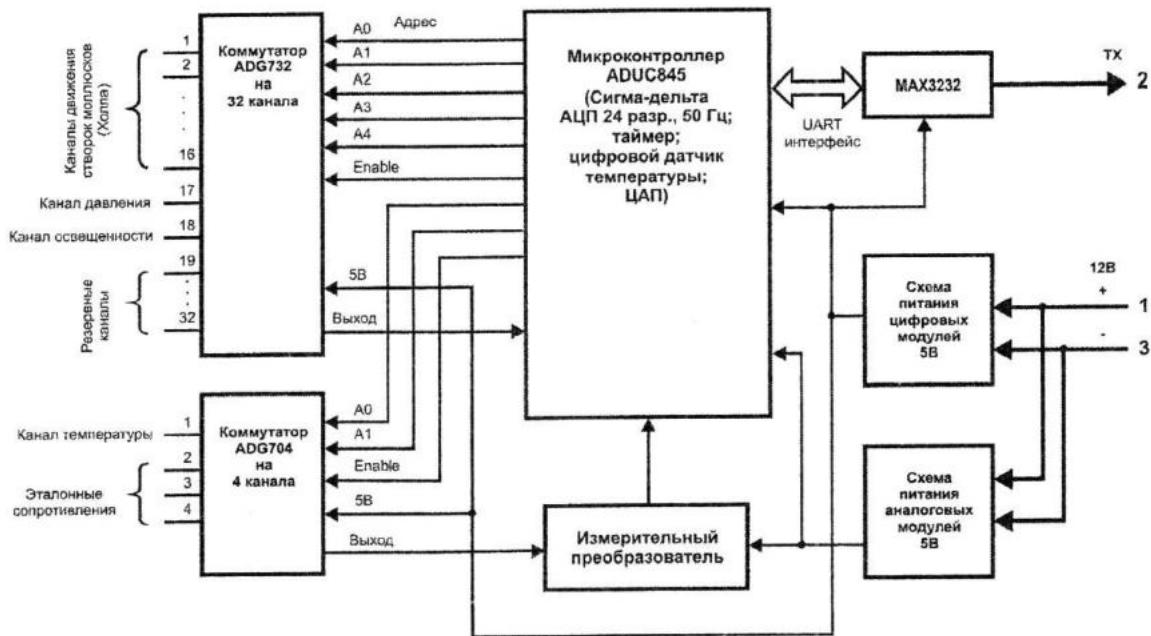


Рис. 5. Структурно-функциональная схема блока управления погружного модуля на микроконтроллере ADuC845

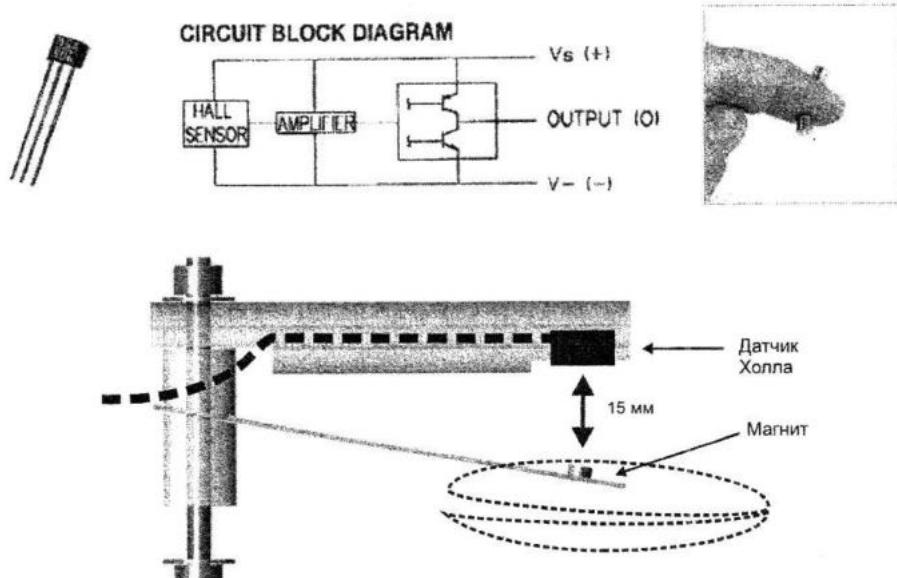


Рис. 6. Общий вид датчика Холла и конструкции индикатора величины раскрытия створок моллюска

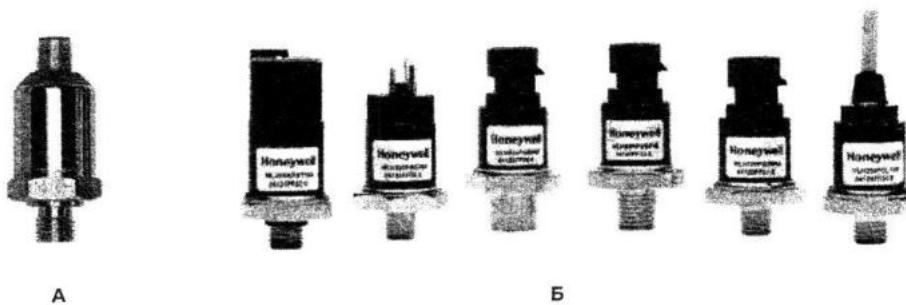
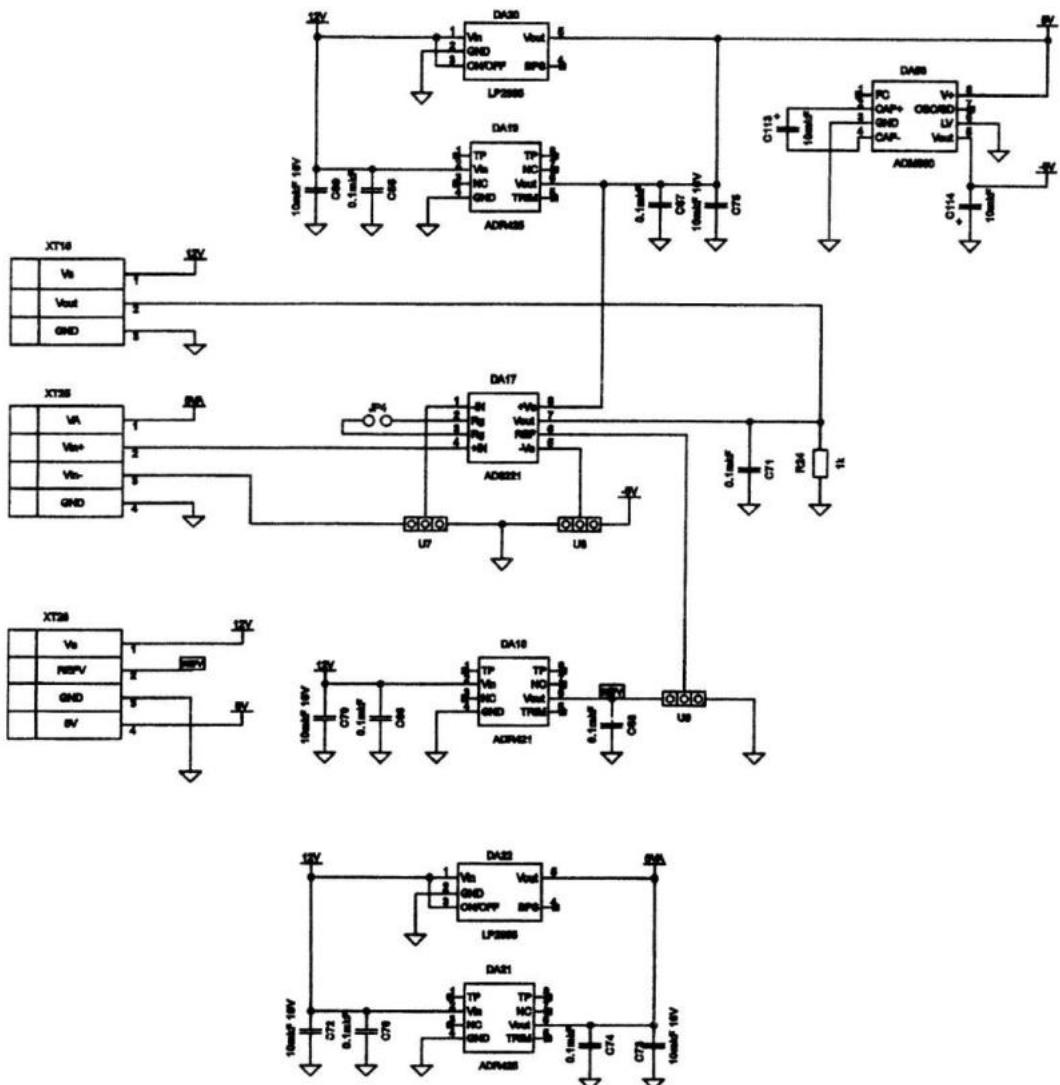
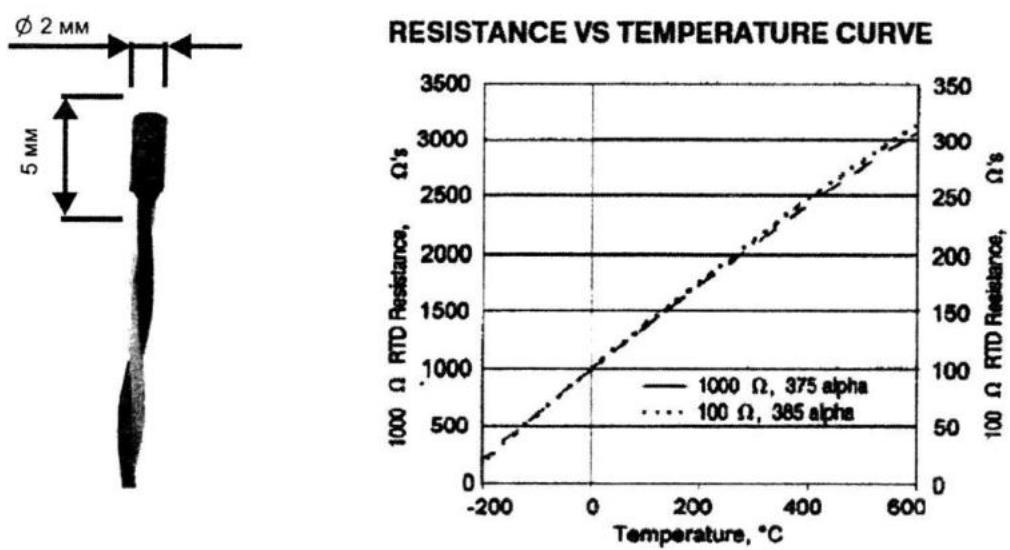


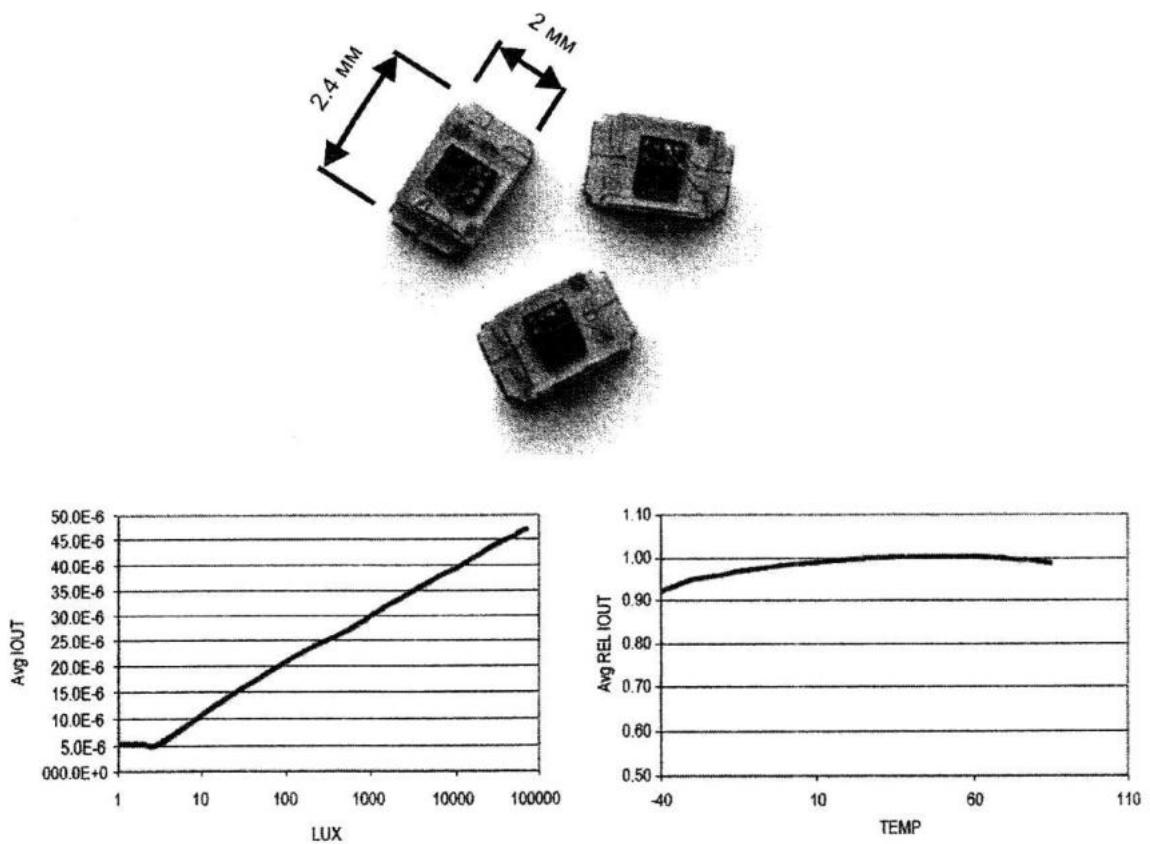
Рис. 7. Общий вид датчиков давления: А – Jumo, Б – Honeywell MLH



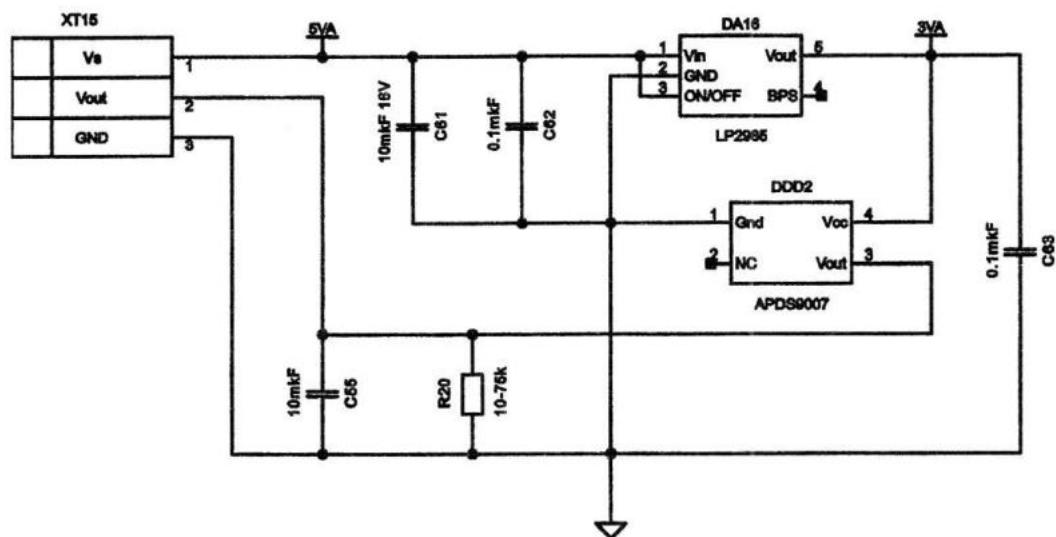
Р и с. 8. Электрическая схема предварительного усилителя измерительного сигнала



Р и с. 9. Общий вид чувствительного элемента датчика температуры HEL705-U и его характеристика



Р и с. 10. Общий вид чувствительного элемента измерительного канала освещенности и его характеристики



Р и с. 11. Электрическая схема измерительного канала освещенности

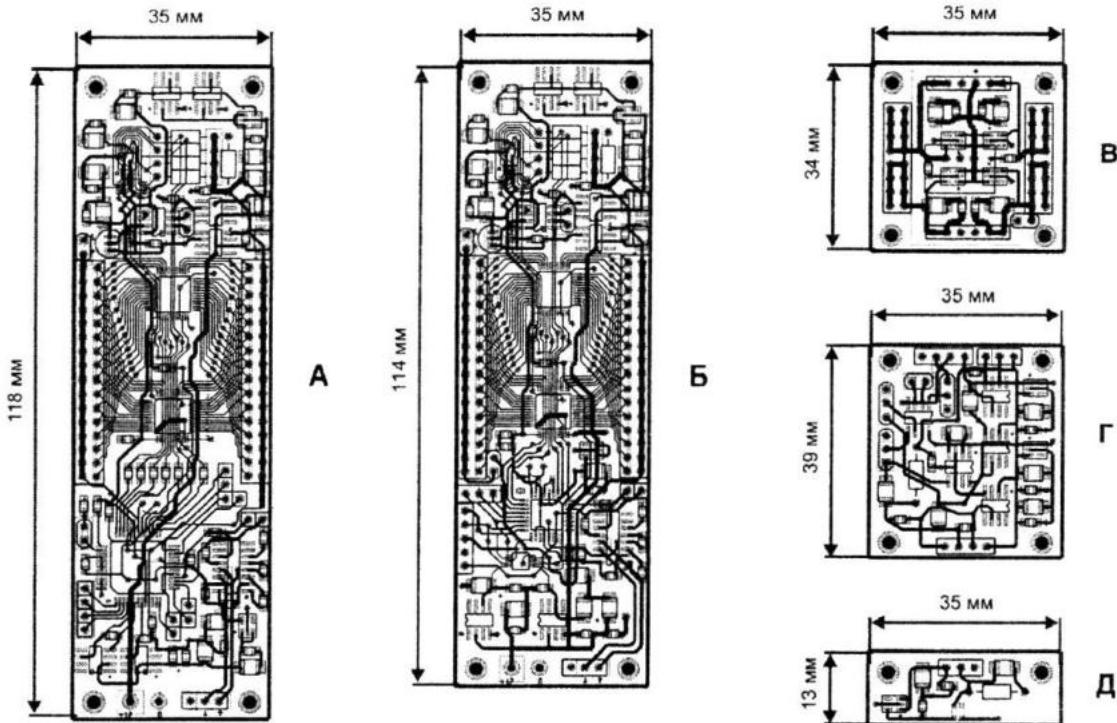


Рис. 11. Общий вид и габариты основных электронных плат погружного модуля
(А – процессорная плата на базе микроконтроллера ADuc845, Б – процессорная плата на базе АЦП AD7691, В – плата дополнительного питания датчиков и измерительных каналов, Г – плата предварительного усиления измерительного сигнала, Д – плата измерительного канала освещенности)

Заключение. Создан комплекс автоматического биомониторинга водной среды, позволяющий оперативно контролировать состояние двухстворчатых моллюсков и фоновых параметров окружающей среды. Все модули электроники комплекса, отвечают требованиям промышленной эксплуатации. Общее энергопотребление, не превышающее 20 Вт, позволяет использовать прибор в режиме автономного питания. Разработанные электронные платы имеют возможность добавления новых измерительных каналов без существенной модификации.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Трусович В.В., Гайский П.В., Кузьмин К.А. Автоматический биомониторинг водной среды с использованием реакции двухстворчатых моллюсков // Морской гидрофизический журнал. – 2010. – № 3. – С. 75 – 83.
2. ХОЛИТ Дэйта Системс – измерения, контроль, диагностика, автоматизация [Электронный ресурс]. – 2011. – Режим доступа: <http://www.holit.ua>.
3. Analog Devices – крупная американская компания, производитель интегральных микросхем для решения задач преобразования сигналов [Электронный ресурс]. – 2011. – Режим доступа: <http://www.analog.com>.
4. Honeywell International – крупная американская корпорация, производящая электронные системы управления и автоматизации [Электронный ресурс]. – 2011. – Режим доступа: <http://honeywell.com>.
5. Avago Technologies – ведущий конструктор, разработчик и международный поставщик широкого спектра аналоговых полупроводниковых устройств [Электронный ресурс]. – 2011. – Режим доступа: <http://www.avagotech.com>.