

МОДЕРНИЗАЦИЯ ЭЛЕКТРОННОГО БЛОКА ЛАБОРАТОРНОГО СТЕНДА «СРЕДА»

П.В. Гайский

Институт природно-технических систем, РФ, г. Севастополь, ул. Ленина, 28

E-mail: gaysky@inbox.ru

Проведение экспериментов с морскими и пресноводными организмами по изучению влияния на их жизнедеятельность различных физических, биологических и химических факторов в большинстве случаев возможно и целесообразно осуществлять в лабораторных условиях с помощью аквариумных установок. Основной целью разработки и модернизации испытательного лабораторного стенда «Среда» является создание определенных условий экспериментов для проведения опытов с биоиндикаторными морскими и пресноводными организмами, планктоном и альговирусами. Кроме того, стенд позволяет испытывать ряд измерительных каналов и датчиков на долговременную стабильность метрологических характеристик в условиях постоянства или изменения тех или иных характеристик среды. Модернизация электронного блока стенда связана с увеличением требований к точностям и расширением видов экспериментов.

Ключевые слова: лабораторный стенд, измерительный канал, гидрологический измеритель, биоиндикатор, биодатчик, условия эксперимента, альговирус.

Поступила в редакцию: 05.11.2019.

Введение. Потребность в разработке специализированного лабораторного экспериментального стенда возникла при планировании опытов с одновременным использованием морских живых организмов, микроводорослей и альговирусов. Необходимо было создать, контролировать и поддерживать определенные условия экспериментов (температура, соленость, освещенность и др.). Поскольку обеспечить идеальное постоянство тех или иных характеристик, влияющих на организмы или исследуемые химико-биологические процессы, оказалось при нашей оснащённости невозможным, то пришлось использовать не одну, а две аквариумные системы – опыт и контроль [1]. В этом случае, появилась возможность в одних и тех же меняющихся контрольных условиях среды отслеживать относительные изменения, связанные только с экспериментом. Реализация этого решения привела к увеличению части контрольно-измерительной аппаратуры и датчиков вдвое, а также необходимости синхронности и сопоставимости измерительных каналов по диапазону, чувствительности и точности. Расширение спектра экспериментов требовало создания новых модулей, кото-

рые работая по-отдельности приводили к громоздкости решения и необходимости одновременного подключения нескольких регистрирующих компьютерных устройств и интерфейсов. Кроме того, одновременное использование ряда измерителей в электропроводной среде емкостей с морской водой оказалось невозможным из-за влияния канала на канал, наличия потенциалов и развязанного питания. В результате на базе влагозащищенного корпуса с использованием герморазъемов был изготовлен общий микроконтроллерный электронный блок управления, коммутации и первичной регистрации данных.

Основная часть. Первичной задачей лабораторного стенда «Среда» является исследование влияния различных абиотических факторов на организмы, которые используются, или могут в перспективе использоваться, как биоиндикаторы экологического состояния среды их обитания. Поэтому он оснащается не только контрольно-измерительной аппаратурой, но и различного рода регулируемыми по мощности излучателями и источниками этих воздействий.

Преыдушие опыты со стендом показали, что условия экспериментов мо-

гут отличаться, в том числе и типом используемых аквариумных емкостей, обеспеченностью теплоизоляцией, ограничением воздействия солнечного света, материалом изготовления, электромагнитной экранированностью и др. Таким образом, первоначальное жесткое закрепление датчиков внутри аквариумов через гермоводы оказалось неприемлемым. Новая реализация подразумевает использование каждого датчика и излучателя в отдельном герметичном исполнении и на отдельном кабеле длиной более 60 см, подключаемом к бортовому влагозащищенному микропроцессорному модулю через герморазъем. Это позволяет повысить модульность и универсальность всей электронной системы.

Общий вид созданной контрольно-измерительной аппаратуры стенда представлен на рис. 1. Структурная схема представлена на рис. 2. В ее состав входят:

- центральный электронный блок управления и регистрации, содержащий три микропроцессорные платы с параллельной и последовательной коммутацией измерительных каналов, первичные измерительные преобразователи и блоки питания и стабилизации, регуляторы мощности излучателей, проводной ин-

терфейс связи RS232, модуль радиосвязи по интерфейсу Bluetooth (Arduino HC-06);

- оптические модули (датчик-излучатель) инфракрасного (ИК) [2] и ультрафиолетового (УФ) [3] диапазонов (рис. 3);

- датчики температуры (датчики сопротивления медные или платиновые);

- датчик электромагнитного поля (аналоговый датчик Холла) на базе чувствительного элемента SS495A1;

- датчик pH (Arduino) [4];

- датчик освещенности (рис. 4) на базе чувствительного элемента APDS-9007;

- пятиэлектродные датчики электрической проводимости [5] (рис. 5);

- внешние сетевые блоки питания на 5 В и 12 В.

В качестве стандартного компьютерного устройства первичной регистрации и численно-графической обработки измерительной информации используется планшет с ОС MS Windows и каналом связи Bluetooth. Использование радиосвязи является приоритетным, поскольку обеспечивает развязку питания прибора с компьютером и уменьшает шумовую составляющую электронных измерений (особенно при отсутствии качественного заземления).



Рис. 1. Общий вид электронного измерительного блока стенда с излучателями и датчиками
Fig. 1. General view of the electronic measuring unit of the device with emitters and sensors

Поскольку круг научно-исследовательских экспериментов будет расширяться, электроникой предусмотрены значительные возможности для дополнения цифровых и аналоговых (сопротивления и напряжения) измерительных каналов (рис. 2). В то же время существующие датчики при необходимости могут быть модернизированы (уменьшена инерционность, увеличены чувствительность и диапазон), так как аналого-цифровая часть первоначально была разработана для прецизионных измерителей и имеет запас по точности и разрядности (21 р. и 24 р.). Парные датчики (для опыта и контроля) – взаимозаменяемы (программно изменяются только индивидуальные градуировочные коэффициенты), что при работе, в том числе, позволяет оперативно проверить взаимную стабильность как первичного измерительного преобразователя в микроконтроллерном модуле, так и работоспособность самого чувствительного погружного

элемента. Диапазон установленной мощности оптических излучателей (до 70% (УФ) и 85% (ИК) проходящей через иллюминатор-оргстекло 10 мм) и постоянного или переменного электромагнитного поля (катушки на внешнем контуре (стенках) отдельной опытной емкости-аквариума) соответствует текущей постановке задач эксперимента. Воздействие однонаправленного магнитного поля внутри емкости может осуществлено с помощью двух мощных неодимовых магнитов, установленных на противоположных стенках.

Стоит отметить роль перемешивающих устройств в емкостях с водой. В основном используются погружные помпы (питание – 12 В), которые одновременно обеспечивают (в зависимости от глубины погружения) частичное барботирование, обогащающее воду растворенным кислородом и необходимое живым подопытным организмам.

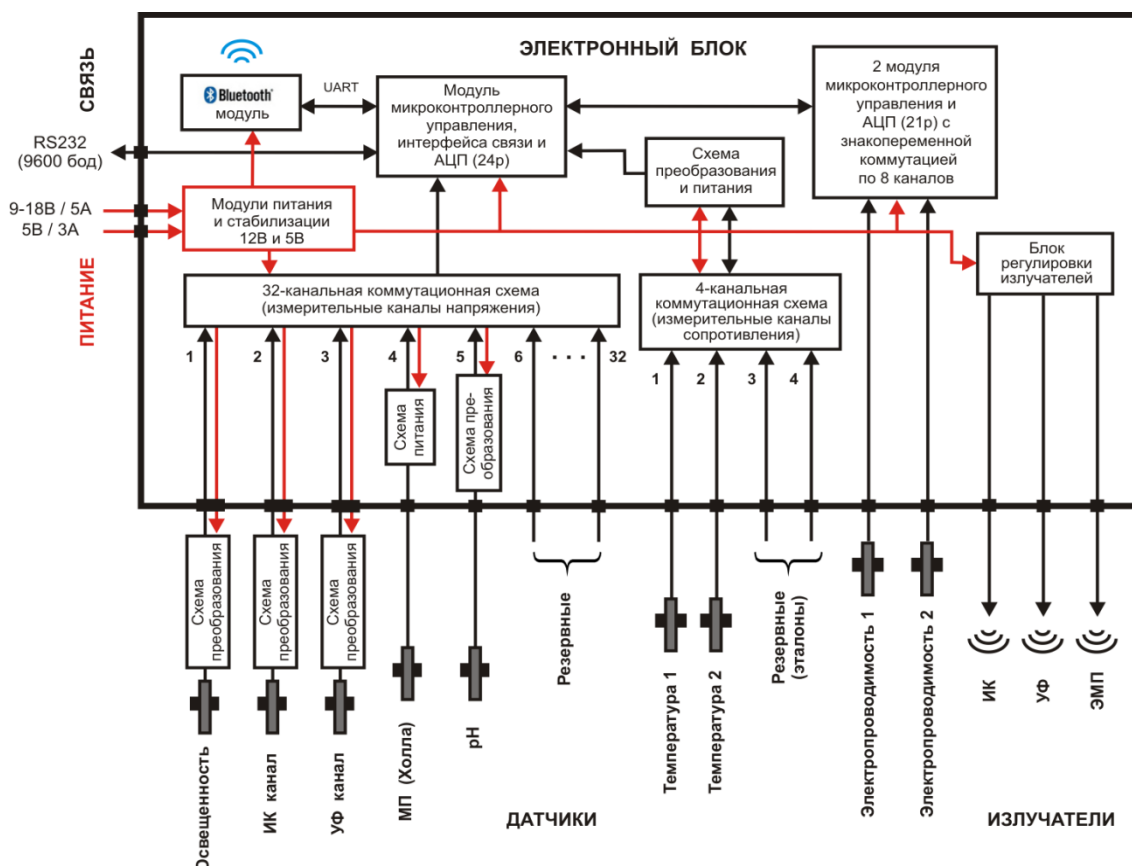


Рис. 2. Структурная схема электронного измерительного блока стенда с излучателями и датчиками
Fig. 2. Block diagram of electronic measuring unit of the device with emitters and sensors

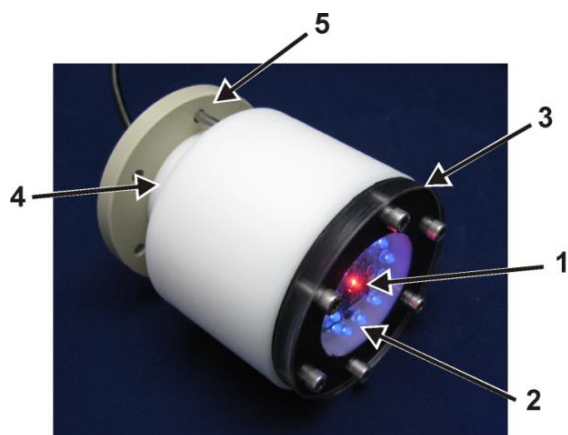


Рис. 3. Оптический датчик-излучатель (1 – электроника с оптическим сенсором, 2 – излучающие светодиоды (12 шт.), 3 – иллюминатор из оргстекла, 4 – гермоввод, 5 – прижимное устройство)
Fig. 3. Optical sensor-emitter (1 – electronic with optical sensor, 2 – emitting LEDs (12 pcs), 3 – window from organic glass, 4 – cable sealed lead, 5 – fixing device)

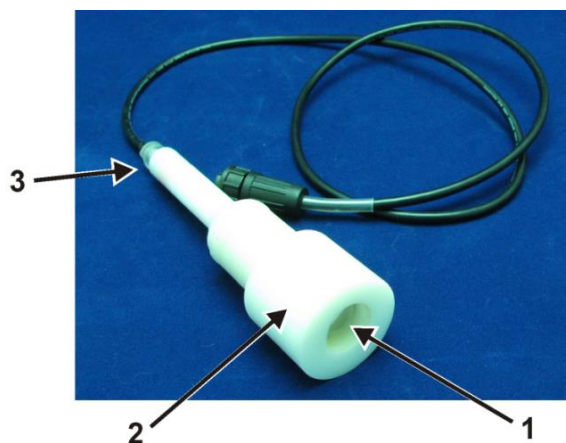


Рис. 4. Датчик освещенности (1 – линза, 2 – электроника с оптическим сенсором, 3 – гермоввод)
Fig. 4. Illumination sensor (1 – lens, 2 – electronic with optical sensor, 3 – cable sealed lead)



Рис. 5. Датчик электропроводности (1 – проточное отверстие с токовыми и потенциальными контактами, 2 – крепеж, 3 – гермоввод)
Fig. 5. Conductivity sensor (1 – cylindrical through flow hole with current and potential contacts, 2 – fixing fasteners, 3 – sealed cable lead)

Однако при длительном эксперименте (более суток) погружной вариант помпы, особенно если ёмкость находится в термостате, искусственно нагревает воду (рис. 6) (до перемещения ёмкости № 2 в термостат обе ёмкости находятся в деревянном коробе, в котором присутствует через внешние стенки неравномерный суточный теплообмен), что исключено в ряде опытов. Тогда используется лопастный поверхностный двига-

тель, а при необходимости насыщения воды кислородом – внешний воздушный компрессор.

В табл. 1 приведены основные технические характеристики электронных модулей и электронного блока. В табл. 2 – предварительные (отсутствие доступной аттестованной метрологической базы) характеристики установленных в стенде измерительных каналов.

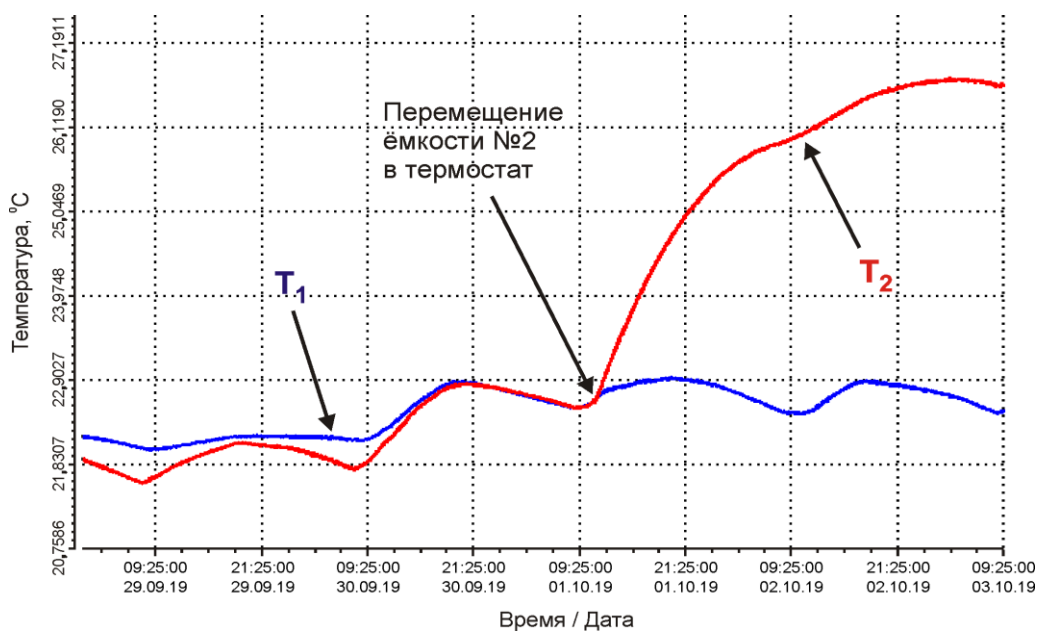


Рис. 6. Изменение температуры в емкостях 1 и 2 (по 25 л) с погружными помпами
Fig. 6. Temperature change in 1 and 2 aquariums (25 liters) with submersible pumps

Таблица 1. Основные технические характеристики модулей системы

Параметр	Значение
Габаритные размеры электронного блока (ЭБ)	350 x 250 x 100 мм
Период опроса всех каналов	10 с
Питание 1 (напряжение / максимальный ток)	9 ÷ 18 В / 5 А
Питание 2 (напряжение / максимальный ток)	5 В / 3 А
Внешнее питание	~220В 50 Гц
Суммарная потребляемая мощность ЭБ с излучателями	до 100 Вт
Суммарная потребляемая мощность ЭБ без излучателей	до 10 Вт
Габаритные размеры термоконтейнера (внутренние)	900 x 800 x 500 мм
Ёмкость аквариумных контейнеров (2 шт.)	по 25 л
Ёмкость термоконтейнера	80 л
Погружная помпа (2 шт.) напряжение / мощность / проточность	6 ÷ 12 В / 3 Вт / 200 л/ч
Наружное перемешивающее устройство	8 ÷ 15 В / 10 Вт
Проводная связь с ПК (интерфейс / дальность)	RS232 / до 100 м
Радиосвязь с ПК (интерфейс / дальность)	Bluetooth / до 10 м
ЭМ излучатель (максимальная мощность)	50 Вт
Магнитный излучатель	по выбору магнитной пары
ИК излучатель (средняя длина волны / максимальная мощность)	940 нм / 1 Вт
УФ излучатель (средняя длина волны / максимальная мощность)	405 нм / 1,5 Вт

Таблица 2. Предварительные метрологические характеристики измерительных каналов

Измеряемый параметр	Диапазон измерения	Разрешение	Погрешность
Температура воды (2 канала), °С	0 ÷ +40	0,0002	<0,01
Электропроводимость (2 канала), мСм/см	5 ÷ 80	0,00005	<0,01
Освещенность, Лк	0 ÷ 10000	0,0125	<0,1%
pH, о.е.	0 ÷ 14	0,000002	<0,01
ЭМ поле, Гаусс	-600 ÷ +600	0,00015	<1
Относительное ИК излучение в диапазоне 760 ÷ 1100 нм, %	0 ÷ 100	1	1
Относительное УФ излучение в диапазоне 240 ÷ 370 нм, %	0 ÷ 100	1	1

Заключение. Реализованный в лабораторном стенде «Среда» электронный блок, включающий заданный набор измерительных каналов и излучающих устройств, позволяет проводить с морскими и пресноводными биологическими организмами целый ряд экспериментов химической, оптической и электро-механической природы. Возможность использования одновременного контроля и опыта в разных емкостях позволяет даже в условиях отсутствия дорогостоящего оборудования обеспечить качественный результат по контролируемым относительным изменениям заданных параметров и влиянию тех или иных факторов на биологические процессы и жизнедеятельность подопытных. Кроме того, в электронике микропроцессорных модулей создана резервная возможность оперативного дополнения измеритель-

ных каналов и при необходимости повышения их точности.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Степанова О.А., Гайский П.В., Шоларь С.А. Влияние вирусного лизиса на некоторые физические параметры морской воды в условиях эксперимента // Системы контроля окружающей среды. Севастополь: ИПТС. 2018. Вып. 13 (33). С. 19–28.
2. <https://www.chipdip.ru/product/flame-sensor> (дата обращения: 10.10.2019).
3. <https://www.chipdip.ru/product/grove-uv-sensor> (дата обращения: 10.10.2019).
4. <https://iarduino.ru/shop/Sensory-Datchiki/datchik-kislotnosti-zhidkosti-rn-metr.html> (дата обращения: 10.10.2019).

UPGRADE OF ELECTRONIC UNIT OF LABORATORY DEVICE «ENVIRONMENT»

P.V. Gaisky

Institute of Natural and Technical Systems, RF, Sevastopol, Lenin St., 28

Experiments with marine and freshwater organisms aimed at studying the impact on their life various physical, biological and chemical factors are, in most cases, possible and appropriate to be carried out under laboratory conditions with using aqua-chemical plants. The main purpose of the development and modernization of the test laboratory device "Environment" is to create certain experimental conditions for experiments with marine and freshwater bioindicator organisms, plankton and algoviruses. Moreover, the device allows testing a number of measuring channels and sensors for long-term stability of metrological characteristics under conditions of constancy or change of certain characteristics of the medium. The modernization of the electronic unit of the device was due to increased requirements for accuracy and an expansion of the types of experiments.

Keywords: laboratory device, measuring channel, hydrological meter, bioindicator, biosensor, experimental conditions, algovirus.