

СОСТАВ И МЕТРОЛОГИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ МОБИЛЬНОЙ КОНТРОЛЬНО-ПРОВЕРОЧНОЙ АППАРАТУРЫ ДЛЯ МОРСКОЙ ПРИБРЕЖНОЙ ГИДРОМЕТЕОРОЛОГИЧЕСКОЙ СТАНЦИИ «БРИЗ-1»

В.И. Забурдаев

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

В статье определены и обоснованы необходимый состав и метрологические характеристики контрольно-проверочной аппаратуры для регулярного контроля метрологических характеристик станции «Бриз-1» в процессе ее эксплуатации как одновременно по всем измерительным каналам, так и раздельно.

Введение. Длительная (в течение 4-х лет) опытная эксплуатация комплекса оборудования для морской прибрежной гидрометеорологической станции «Бриз-1» показала [1 – 3], что в связи с интенсивным и весьма неравномерным во времени воздействием морской растительной, минеральной и гидробиологической среды на техническое состояние и метрологические характеристики рабочих средств измерений, входящих в состав станции, возникает необходимость в систематическом контроле работоспособности станции и соответствия фактических метрологических характеристик всех измерительных каналов установленным нормам без демонтажа измерительного оборудования станции в течение срока постановки.

В результате опытной эксплуатации КО МПС в Черном море (океанографическая платформа МГИ НАН Украины в поселке Качивели) установлены следующие сроки непрерывной работы, в течение которых полная основная погрешность измерений начинает превышать допустимые значения (см. табл. 1) [3]:

– по каналам измерения температуры и гидростатического давления – 1 – 2 года;

– по каналам измерения относительной электропроводимости (солености) с контактными четырехэлектродными датчиками – (20 – 30) суток;

– по каналам измерения растворенного кислорода и показателя ионов водорода (рН) – (15 – 20) суток;

– по каналу высоты и периода волн – ~ (50 – 70) суток;

– по каналу измерения прозрачности с помощью двухбазового прозрачномера – не более (4 – 6) суток [4].

В связи с этим для обеспечения нормальной работоспособности станции необходимо четко определять допустимые интервалы непрерывной работы, анализируя текущее состояние измерительных каналов.

Этого можно достичь уменьшением интервалов между профилактическими работами с очисткой станции, заменяя один комплект оборудования исправным вторым комплектом. Однако интенсивность обрастания часто меняется, в связи, с чем вводить какие-либо жесткие сроки между профилактическими работами либо опасно (возникновение ошибок при длительных сроках), либо трудоемко (частая смена комплектов).

Для решения этой проблемы рассмотрим несколько вариантов проверки нормальной работоспособности морской прибрежной станции.

Методы и средства оценки работоспособности станции в процессе ее эксплуатации. Можно предложить несколько вариантов средств и методов контроля исправности модуля погружного (МП) МПС в процессе его работы непосредственно в море.

В качестве первого варианта для этой цели подойдет сравнительно малогабаритное устройство типа гидрологохимического зонда ГХЗ-1 [5] с набором измерительных каналов, аналогичных имеющимся в погружном блоке МПС: температура, давление, электрическая проводимость, растворенный кислород, показатель активности ионов водорода (рН).

Таблица 1

Основные метрологические характеристики измерительных каналов КО МПС "БРИЗ-1"

Измеряемый параметр	Диапазон измерений	Случайная погрешность измерения при доверительной вероятности $P = 0,95$	Основная полная погрешность измерения при доверительной вероятности $P = 0,95$
Гидростатическое давление, кПа (глубина, м)	0 – 500 (0 – 50)	$\pm 0,3 \%$	$\pm 1,5 \%$ ($\pm 2,0 \%$)
Температура, °С	минус 2 – 35	$\pm 0,01$	$\pm 0,1$
Относительная электрическая проводимость	0,01 – 1,7	$\pm 3 \cdot 10^{-4}$	$\pm 3 \cdot 10^{-3}$
Концентрация кислорода, мл/л	0,1 – 10	$\pm 0,01$	$\pm 10 \%$
Показатель ионов водорода, ед. рН	1 – 14	$\pm 0,03$	$\pm 0,5$
Прозрачность, m^{-1} (показатель ослабления света)	0,01 – 1,0	$\pm 0,002$	$\pm 10 \%$
Высота волн, м	0 – 10	$\pm 0,03$	$\pm 0,15$
Период волн, с	1 – 100	± 1	$\pm 1 \%$

Погрешности измерительных каналов ГХЗ-1 (см. табл. 2) по гидрологическим параметрам (температура, давление, относительная электропроводимость) в десять раз меньше погрешно-

стей МП МПС и одинаковы по случайным составляющим и в 3-5 раз меньше по полным основным погрешностям измерения концентрации кислорода и рН.

Таблица 2

Метрологические характеристики измерительных каналов зонда ГХЗ-1 [5]
(без учета измерительных каналов концентрации сульфидов и свинца)

Измеряемый параметр	Диапазон измерений	Среднее квадратическое отклонение случайной погрешности	Основная полная погрешность измерений при доверительной вероятности $P = 0,95$
Гидростатическое давление, МПа	0 – 20	$\pm 0,002$	$\pm 0,02 \%$
Температура, °С	минус 2 – 35	$\pm 0,001$	$\pm 0,01$
Относительная электрическая проводимость, отн. ед.	0,01 – 1,7	$\pm 3 \cdot 10^{-5}$	$\pm 3 \cdot 10^{-4}$
Концентрация кислорода, мл/л	0,01 – 10	$\pm 0,01$	$\pm 1 \%$
Показатель ионов водорода, ед. рН	1 – 14	$\pm 0,03$	$\pm 0,1$

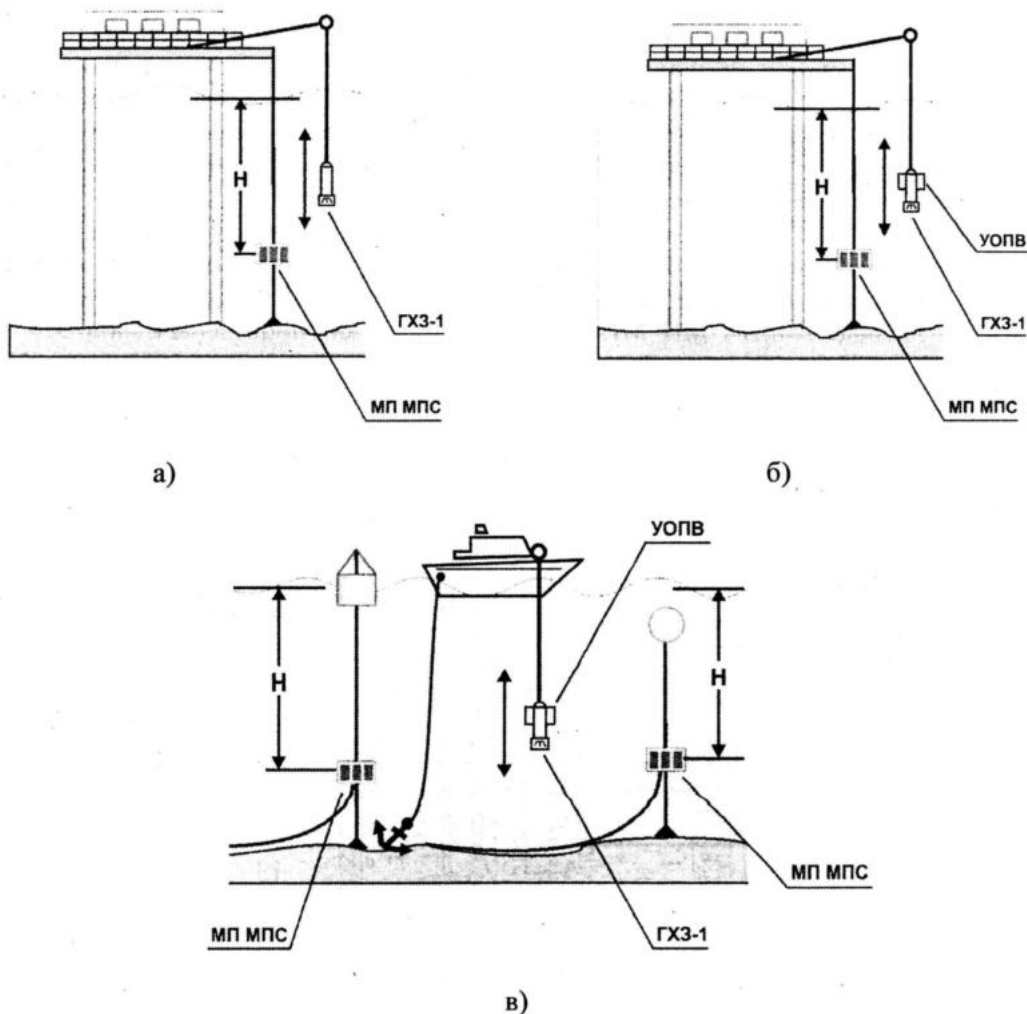
Примечание. В измерителе может быть установлен тензометрический датчик давления типа «Сапфир 22ДА2040» с диапазоном измерения 0 – 600 кПа с классом точности 0,5 % или 0,25 %, что в 3 или в 6 раз превосходит по точности канал давления в МП МПС.

Однако этот вариант состава измерительных каналов в ГХЗ-1 не позволяет произвести проверку канала прозрачности МП МПС в силу его отсутствия в

ГХЗ-1. Для решения этой проблемы есть возможные пути: дополнить ГХЗ-1 каналом прозрачности либо в структуре самого зонда, либо в виде отдельного до-

полнительного самостоятельного устройства, закрепляемого на конструкции погружного устройства ГХЗ-1. Оба варианта требуют дополнительного времени и средств на разработку, испытания и т.п. Упрощенная методика проверки нормальной работоспособности МП МПС с помощью ГХЗ-1 при размещении ее на платформах или эстакадах, а также с поверхностным и притоленным буюх, показана на рис. 1. Контрольно-проверочный зонд спускается и поднимается вблизи от МП МПС, избегая столкновения. Обработывается инфор-

мация зонда и станции, производится сличение данных МП МПС и зонда на глубине подвески МП МПС. По результатам анализа информации делается вывод о нормальности метрологических характеристик измерительных каналов (разница в показаниях не превышает допустимой погрешности МП МПС) и возможности работы станции в дальнейшем. Если это условие не выполняется, МП МПС поднимается, заменяется дублирующим комплектом и отправляется на профилактику.



Р и с. 1. Варианты методики сличения показаний МП МПС с образцовым средством типа ГХЗ-1 на платформах (а, б), а также с катеров или шлюпок с использованием устройства отбора проб воды и без него (в)

В качестве второго варианта контрольно-проверочной аппаратуры также может быть использован гидрологохимический зонд типа ГХЗ-1, дооборудованный устройством отбора проб воды (УОПВ). При этом число пробоотборни-

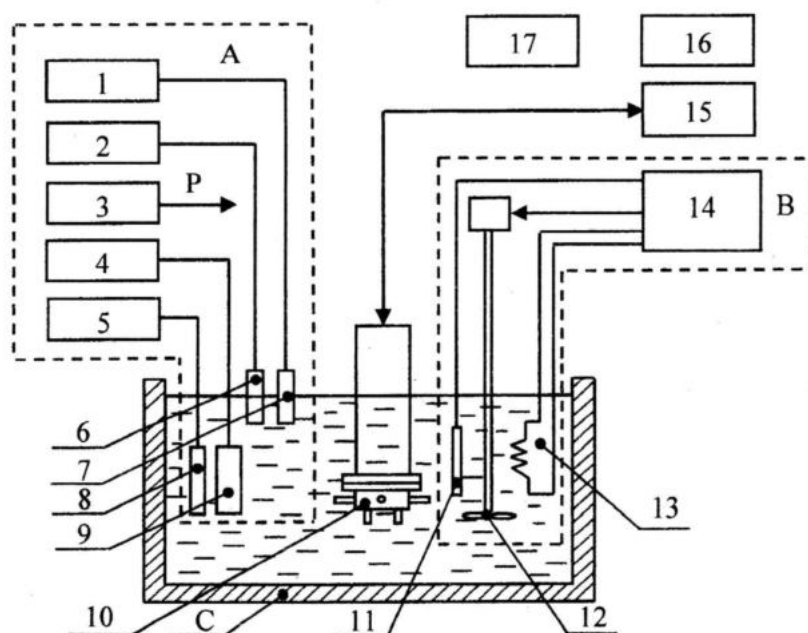
ков должно равняться или превышать число измеряемых гидрохимических и оптических параметров МП МПС (в конкретном случае три-растворенный кислород, рН и прозрачность).

Во взятых пробах воды вблизи от МП МПС необходимо с помощью химических анализов или мобильных лабораторных оксиметров, рН-метров необходимой точности (в два – три раза превосходящих нормированную точность измерения МП МПС), и с помощью лабораторного прозрачномера определить содержание кислорода, значение рН и прозрачность воды вблизи МП МПС. Исправность измерительных каналов температуры, давления, относительной электропроводности МП МПС оценить по результатам сравнения показаний МП МПС с показаниями зонда по этим же параметрам, как описано ранее при рассмотрении первого варианта сличений. Во втором варианте могут не использоваться в зонде ГХЗ-1 измерительные каналы растворенного кислорода и показателя ионов водорода (рН), если при сличении используются мобильные оксиметр и рН-метр.

И, наконец, третий вариант комплекта контрольно-проверочной аппаратуры, когда измерительные каналы МП МПС

должны пройти полную метрологическую аттестацию (поверку, градуировку) в месте ее эксплуатации после подъема из моря или ремонта. Для этой цели либо каждый пост наблюдений должен иметь полный комплект метрологического оборудования, либо необходимо иметь мобильную метрологическую лабораторию, которая регулярно посещает места постановки МПС или вызывается пунктом наблюдения (пунктом стационарной постановки МПС) для выполнения профилактических работ на станции без ее транспортировки в базовое подразделение метрологической аттестации. При этом в состав мобильного комплекта должно входить метрологическое оборудование по всем измерительным каналам МП МПС и гидрологохимического зонда ГХЗ-1 с классом точности, необходимым для градуировки измерительных каналов ГХЗ-1 и МП МПС.

На рис. 2 показан необходимый состав такого контрольно-проверочного комплекса, а его метрологические характеристики приведены в табл. 3.



Р и с. 2. Функционально-структурная схема контрольно-проверочного стенда для комплекса аппаратуры МП МПС и ГХЗ-1

А – набор образцовой аппаратуры; В – аппарат для регулирования температуры воды в термостате; С – термостат; 1 – измеритель рН; 2 – измеритель кислорода; 3 – задатчик давления; 4 – измеритель относительной электропроводности; 5 – измеритель температуры; 6 – ПИП кислорода; 7 – ПИП рН; 8 – ПИП температуры; 9 – ПИП относительной электропроводности; 10 – погружной модуль МПС или погружное устройство зонда ГХЗ-1; 11 – датчик температуры регулятора; 12 – мешалка; 13 – нагревательный элемент регулятора; 14 – блок управления регулятором температуры в термостате; 15 – блок бортовой МПС или ГХЗ-1; 16 – лабораторный прозрачномер; 17 – лабораторный солемер

Метрологические характеристики
мобильного контрольно-проверочного комплекса для КО МПС и ГХЗ-1

Измеряемый параметр	Диапазон измерений	Среднее квадратическое отклонение случайной погрешности	Основная полная погрешность измерений при доверительной вероятности $P = 0,95$
Гидростатическое давление: – МП МПС, кПа – ГХЗ, кПа	0 – 500 0 – 600	0,15 % 0,05	±0,5 % ±0,15 %
Температура, °С	минус 2 – 35	0,001	±0,005
Относительная электрическая проводимость, отн.ед.	0,01 – 1,7	±1,5·10 ⁻⁵	±1,5·10 ⁻⁴
Концентрация кислорода, мл/л	0,01 – 10	±0,005	±1 %
Показатель ионов водорода, ед. рН	1 – 14	±0,015	±0,05
Показатель ослабления света, м ⁻¹	0,01 – 1,0	0,001	±5 %
Практическая соленость	1 – 35	0,002	±0,005

В случае полного отсутствия перечисленного ранее контрольно-проверочного оборудования на посту эксплуатации МПС или его неисправности, при наличии двух комплектов МП МПС, допустимо оценку исправности установленного комплекта производить с помощью прошедшего профилактику и поверку второго комплекта станции. Погружной модуль второго (поверенного) комплекта используется в качестве контрольно-проверочного зонда, как это изложено в первом варианте сличений. Полученная с помощью второго комплекта станции информация сличается с показаниями длительно работающего первого комплекта. Если различия в показаниях одноименных каналов превышают двойное значение допустимой погрешности (см. табл. 1) хотя бы в одном канале, ранее эксплуатируемый комплект заменяется вторым комплектом и отправляется на профилактику и поверку. Безусловно, этот вариант контроля используется в качестве аварийного для оперативной (предварительной) оценки работоспособности установленного ранее оборудования.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Гайский В.А., Греков Н.А., Гайский П.В., Забурдаев В.И., Клименко А.В., Маньковский В.И., Мишуков В.Ж., Пеньков М.Н., Трофименко В.А., Кузьмин К.А., Урожай А.Ф. Морская прибрежная станция БРИЗ-1 // Системы

контроля окружающей среды. – Севастополь: МГИ НАН Украины, 2006. – С. 9 – 23.

2. Трофименко В.А., Гайский В.А. Оснащение сети станций гидрометслужбы Украины современными автоматизированными системами контроля окружающей среды // Системы контроля окружающей среды. – Севастополь: МГИ НАН Украины, 2011. – С. 11 – 44.
3. Гайский П.В., Дмитриев О.Ф., Забурдаев В.И., Клименко А.В., Кузьмин К.А., Казанцев С.В. Методические, программно-алгоритмические аспекты и технологические аспекты обеспечения работоспособности гидрохимического модуля морской прибрежной станции БРИЗ-1 // Системы контроля окружающей среды. – Севастополь: МГИ НАН Украины, 2011. – Вып. 15. – С. 69 – 76.
4. Маньковский В.И., Маньковская Е.В., Пеньков М.Н. Опыт длительной постановки прозрачномера ИП-1 на морской прибрежной станции // Системы контроля окружающей среды. – Севастополь: МГИ НАН Украины, 2009. – С. 37 – 41.
5. Гайский В.А., Греков Н.А., Мишуков В.Ж., Дмитриев О.Ф., Гайский П.В., Забурдаев В.И., Кузьмин К.А., Каширин С.В., Трофименко В.А. Гидрохимический зонд ГХЗ-1 // Системы контроля окружающей среды. – Севастополь: МГИ НАН Украины, 2005. – С. 19 – 27.