

МЕТОДИКА И РЕЗУЛЬТАТЫ ИСПЫТАНИЯ ИЗМЕРИТЕЛЯ ПАРАМЕТРОВ ВОЛН

Д.М. Васильев, А.В. Баранов

Морской гидрофизический институт
НАН Украины
г. Севастополь, ул. Капитанская, 2
E-mail: oaoi@alpha.mhi.iuf.net

В статье приводится методика проведения испытаний измерителя параметров волн и подробное описание конструкции и принципа работы установки для проведения испытаний измерителя параметров волн. Представлены результаты Государственных приемочных испытаний.

В 2007 году проводились Государственные приемочные испытания комплекса оборудования для морской прибрежной станции, разработанной в отделе автоматизации океанографических исследований морского гидрофизического института НАН Украины. В составе опытного образца комплекса оборудования для МПС на Государственные приемочные испытания был представлен измеритель параметров волн (ИПВ). Структура прибора и результаты предварительных испытаний подробнее описаны в [1]. Испытания ИПВ проводились с целью проверки соответствия основных метрологических характеристик требованиям технических условий.

Согласно ТУ измеритель параметров волн должен обладать следующими метрологическими характеристиками:

1) Измерение высоты волн:

- Диапазон измерения 0 – 10 м;
- Границы допустимой случайной погрешности измерения 0,03 м;
- Границы допустимой основной погрешности измерения $\pm 0,15$ м.

2) Измерение периода волн:

- Диапазон измерений 1 – 100 с;
- Границы допустимой случайной погрешности измерения 1 с;
- Границы допустимой основной погрешности измерения периода волн, приведенной к верхней границе диапазона измерений $\pm 1\%$.

Для определения соответствия метрологических характеристик измерителя требованиям технических условий была разработана инструкция по проверке, которая устанавливает содержание и методику первичной и периодической проверок измерителя. Испытания проводились на установке, которая была

разработана и изготовлена для этой цели. Схема установки представлена на рисунке 1.

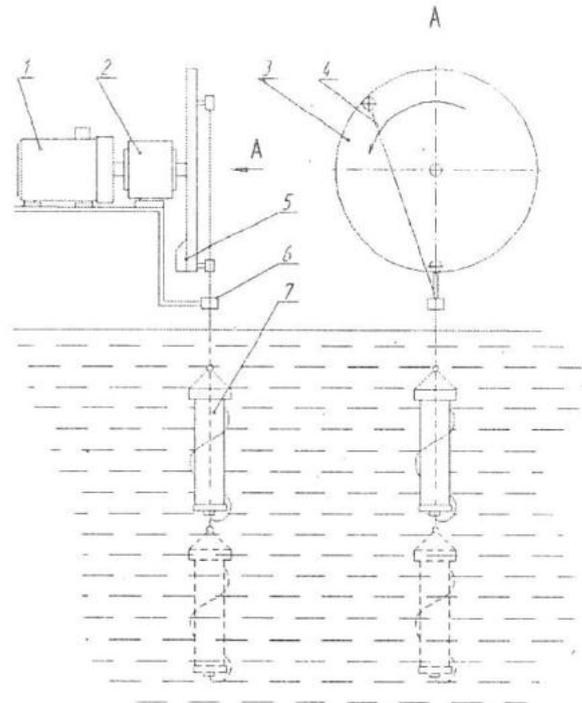


Рисунок 1 – Схема установки для проведения испытаний ИПВ

В состав установки входят:

1. Электродвигатель постоянного тока;
2. Понижающий редуктор;
3. Маховик;
4. Кабель-трос;
5. Противовес ($m_p = m_{ипв}$),
где m_p – масса противовеса,
 $m_{ипв}$ – масса ИПВ;
6. Кольцо-направляющая;
7. ИПВ.

Электродвигатель постоянного тока (1) через понижающий редуктор с регулируемым передаточным отношением (2) приводит в движение маховик (3), на котором закреплен кабель-трос (4). Маховик приводит в движение ИПВ (7), который жестко закреплен на кабель-тросе. Противовес (5) служит для балансировки маховика с ИПВ. Вращение маховика преобразовывается в возвратно-поступательные движения ИПВ посредством кольца-направляющей (6). Излучатель направлен вверх и измеряет расстояние от своего положения до поверхности воды. Электродвигатель, в зависимости от установленного передаточного отношения редуктора, вращает маховик с заданной скоростью Ω (об/мин). Таким образом, глубина погружения измерителя изменялась во времени по гармоническому закону с размахом, равным удвоенному расстоянию от точки крепления

кабель-троса к маховику до центра этого маховика, и периодом

$$T = \frac{60}{\Omega} (\text{с}).$$

Для имитации затухания на трассе распространения акустического сигнала в толще воды, мощность передатчика понижалась на соответствующее заданной глубине значение затухания. Вычисление уровня поверхности (волнение) осуществлялось по формуле

$$\text{Уровень (м)} = a_{L0} + N_L \cdot (a_{L1} + N_L \cdot a_{L2}),$$

где $a_{L0} \div a_{L2}$ – градуировочные коэффициенты полинома датчика волномера;

N_L – код датчика волномера.

Высота (м) и период волн (сек) определялись из экстремумов амплитудного спектра колебаний уровня поверхности после пяти минутного опроса измерителя. Была предусмотрена возможность одновременного поиска характеристик в трех поддиапазонах периодических колебаний (в секундах) В процессе измерений спектральная характеристика колебания уровня отображалась в виде графической зависимости

$$\text{Высота волн (м)} = f(\text{Период волн (сек.)}),$$

с графическим и численным выделением экстремумов в заданных трех диапазонах. Дискретность графика по оси «Период волн» составляет 0.2 секунды во всем диапазоне от 0 до 100 секунд.

Пример испытаний с различными параметрами установки:

1. Период вращения диска $T = 9$ с. Размах колебаний $H = 20$ см. Результат испытания представлен на рисунках 2 и 3.

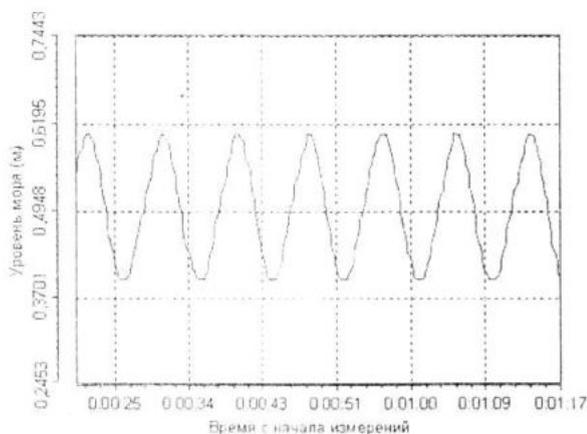


Рисунок 2 – график зависимости высоты уровня моря от времени с начала измерений. Период колебаний $T = 9$ с, размах колебаний $H = 20$ см

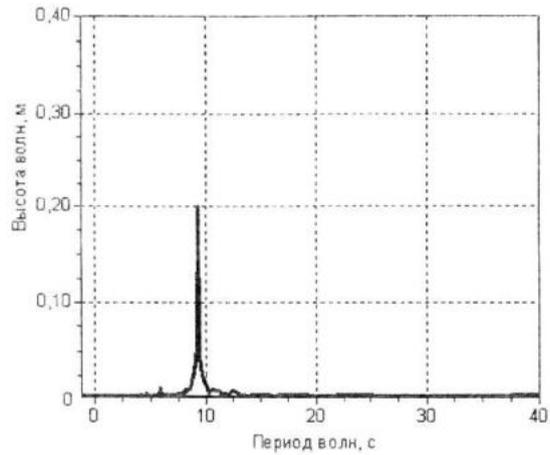


Рисунок 3 – график спектральной характеристики в виде функции зависимости высоты волны от периода колебаний $T = 9$ с, размах колебаний $H = 20$ см

2. Период вращения диска $T = 18$ с. Размах колебаний $H = 20$ см. Результат испытания представлен на рисунках 4 и 5.

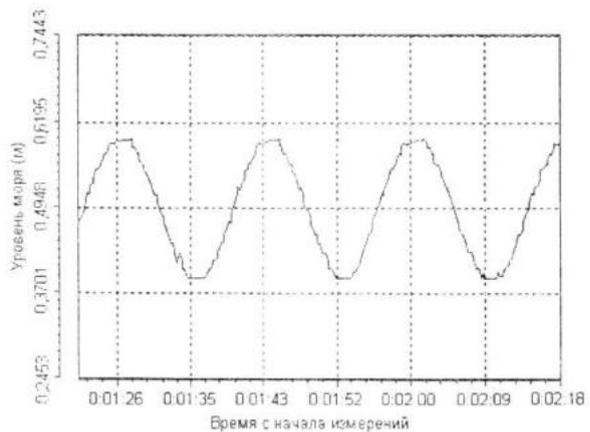


Рисунок 4 – график зависимости высоты уровня моря от времени с начала измерений. Период колебаний $T = 18$ с, размах колебаний $H = 20$ см

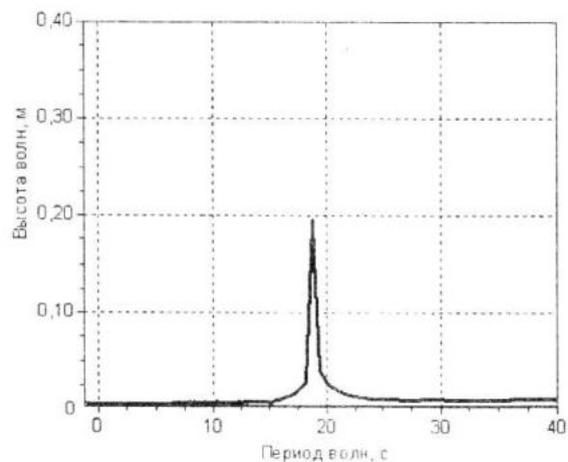


Рисунок 5 – график спектральной характеристики в виде функции зависимости высоты волны от периода колебаний. Период колебаний $T = 18$ с, размах колебаний $H = 20$ см

Для проверки работоспособности ИПВ в реальных условиях, были проведены натурные испытания. Измеритель погружался на кабель-тросе с грузом в открытом море. Подробнее методика проведения испытания натурных испытаний ИПВ описана в [2].

Расчетный диапазон измерений высоты волн оценивался путем подстановки в градуировочную характеристику минимального значения кода $N_{min} = 68$ и максимального значения $N_{max} = 400000$ и составляет:

$$H_{min} = 0,32 \cdot 10^{-3} \text{ м},$$

$$H_{max} = 150,68 \text{ м};$$

Нижняя граница диапазона измерений периода волн оценивалась исходя из того, что диаметр пятна на максимальной глубине постановки достигает 1,4 м. При этом длина достоверно регистрируемых поверхностных волн составляет 2,8 м, что соответствует минимальному периоду волны 1 с.

Верхняя граница диапазона измерений периода волн выбрана исходя из того, что волны с периодом более 100 с достоверно и с высокой точностью регистрируются измерителем уровня моря, входящим в комплекс оборудования для морской прибрежной гидрологической станции.

В результате Государственных приемочных испытаний ИПВ установлено:

- расчетный диапазон измерений высоты волн с запасом перекрывает диапазон измерений высоты волн, указанный в ТУ;
- диапазон измерений периода волн лежит в пределах от 1 до 100 с и отвечает требованиям ТУ;
- фактическая абсолютная погрешность измерений высоты волн при доверительной вероятности 0,95 лежит в пределах от минус 0,03959 до 0,06217 м и удовлетворяет условию

$$-0,8 \cdot \Delta_p \leq \tilde{\Delta}_H \leq 0,8 \cdot \Delta_p,$$

где $\Delta_p = 0,15$ м – предел допустимой абсолютной погрешности измерения высоты волн, указанный в ТУ;

– фактическая абсолютная погрешность измерений периода волн при доверительной вероятности 0,95 лежит в пределах от минус 0,4465 до 0,3147 с и удовлетворяет условию

$$-0,8 \cdot \Delta_p \leq \tilde{\Delta}_T \leq 0,8 \cdot \Delta_p,$$

где $\Delta_p = 1$ с – предел допустимой абсолютной погрешности измерения периода волн, указанный в ТУ;

– фактическая случайная составляющая погрешности измерения высоты волн (оценка разрешения) при доверительной вероятности 0,95 составляет $\tilde{q}_H = 0,030$ м и удовлетворяет ТУ

– фактическая случайная составляющая погрешности измерения периода волн (оценка разрешения) при доверительной вероятности 0,95 составляет $\tilde{q}_T = 0,1663$ с и удовлетворяет ТУ.

Таким образом, Измеритель параметров волн в составе комплекса оборудования для морской прибрежной станции удовлетворяет требованиям ТУ. Прибор рекомендован для использования в организациях Гидрометеослужбы Украины и других организациях, занимающихся исследованием водных сред.

ЛИТЕРАТУРА

1. Греков А.Н., Васильев Д.М., Котов М.Н. Акустический измеритель параметров волн. Системы контроля окружающей среды. Сб. науч. тр. / НАН Украины, МГИ:– Севастополь. 2006. – С. 51–56.
2. Инструкция по проверке. Измерители параметров волн. УРИЕ.416434.001 ИП / Севастополь, МГИ НАНУ. 2007. – 12 с.