

## ЛАБОРАТОРНАЯ СИСТЕМА ПРОВЕРКИ ЛАЗЕРНО-ИНТЕРФЕРЕНЦИОННОГО ИЗМЕРИТЕЛЯ ВАРИАЦИЙ ДАВЛЕНИЯ ГИДРОСФЕРЫ

**Швец В.А., Яковенко С.В.**

*Тихоокеанский океанологический институт им. В.И. Ильичева, г. Владивосток  
vshv@poi.dvo.ru*

В ТОИ ДВО РАН создан прецизионный прибор для измерения колебаний подводного давления – лазерный измеритель вариаций давления гидросферы (ЛИВДГ). Принцип действия прибора базируется на лазерно-интерференционных измерениях перемещений, его чувствительным элементом является плоская мембрана, заземленная на краях с зеркальным элементом в центре. Оптическая схема представляет собой модифицированный интерферометр Майкельсона с эталонным и измерительным лучами неравной длины, а электронная часть является преобразователем величины оптической разности хода, вызываемой смещением центра измерительной мембраны в электрический сигнал [1]. Существуют варианты исполнения ЛИВДГ с автономным электрическим и кабельным питанием [2]. Ввиду того, что оборудование такого класса имеет большое количество органов управления и должно быть настроено перед проведением измерений, необходимо иметь регламент настроечных процедур для подготовки прибора к работе.

Проверка работы ЛИВДГ обычно происходит в два этапа: в лабораторных условиях без погружения в воду и затем в воде – в специальном бассейне или непосредственно в море. Здесь мы будем рассматривать первый этап проверки. Основную сложность в данном случае представляет собой крайне высокая чувствительность прибора к малейшим воздействиям проверяющего на мембрану. Даже легкое нажатие при помощи тонкой проволоки может вызвать значительные и крайне быстрые деформации мембраны. При этом характер выходного сигнала электронной регистрирующей системы ЛИВДГ не позволит сделать однозначный вывод о качестве работы прибора. Для обеспечения проведения проверки ЛИВДГ разработана специальная программно-аппаратная система.

Система проверки ЛИВДГ состоит из формирователя сигнала ФС, генератора Г, усилителя У, блока пьезокерамик БПК и штока в скользящей опоре, который упирается в чувствительный элемент ЛИВДГ – мембрану. В штатную оптическую систему на время проверки устанавливаются следующие элементы: в один из лучей опорного плеча – четвертьволно-

вая пластина (633 нм), делительный куб с поляризацией (ДКП) в области интерференции лучей и два фотодетектора – ФД1 и ФД2 (рисунок 1):

Система проверки работает следующим образом. Генератор полу-

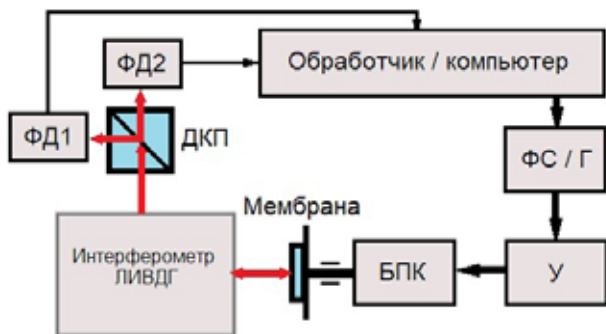


Рис. 1. Система для проверки ЛИВДГ. ФД1 и ФД2 – фотодетекторы, ДКП – делительный куб с поляризацией 400–700 нм, ФС – формирователя сигнала, Г – генератор, У – усилитель, БПК – блок пьезокерамики

чает данные от компьютера (либо использует заводские настройки формы сигнала) для формирования, меняющегося заданным образом напряжения. Выходное напряжение генератора, усиленное с помощью У, подается на блок пьезокерамики. Под действием этого напряжения происходит изменение длины цилиндров БПК и шток

начинает давить на мембрану, вызывая изменение разности хода опорного и измерительного лучей в интерферометре ЛИВДГ, что приводит к изменению интерференционной картины и напряжений фотоприемников. С помощью аналого-цифрового преобразователя величины напряжений фотоприемников записываются на компьютер и далее обрабатываются программным обеспечением для анализа квадратурных сигналов. В результате обработки получают величины разности хода в интерферометре ЛИВДГ и смещения мембраны.

Опыт использования ЛИВДГ на глубинах от 5 до 20 метров показал, что типичная величина смещения мембраны под воздействием внешнего давления составляет  $\pm (5 \div 8) 316.4$  нм. Величина смещения мембраны, используемая для проверки ЛИВДГ в лабораторных условиях, выбрана равной 2 мкм.

На рисунке 2 приведен график смещения мембраны, полученный системой проверки. Формирователь сигнала, генератор и усилитель в данном примере вызывали смещение штока, пропорциональное расчетному значению высоты прилива в б. Витязь.

Дата для расчета высоты прилива выбиралась произвольно. При этом частота ряда расчетных данных была изменена таким образом, что дли-

тельность «прилива» сократилась с 10 суток до 8 часов. Для имитации внешних воздействий проверка ЛИВДГ производилась со снятой крышкой, то есть на мембрану и

внутреннюю часть прибора оказывали влияние температура, давление и влажность воздуха в помещении, изменения которых фиксировались соответствующими датчиками. ЛИВДГ при этом также никак не защищался от внешних вибраций и шумов. Последующий анализ данных датчиков показал, что в течение 8 часов наиболее существенно изменялось давление, при этом температура и влажность менялись незначительно. Именно влияние атмосферного давления хорошо видно на рисунке 2 по характеру изменения кривых 2 и 3. Видно, что кривая 2 (величина деформации мембраны) сильно зашумлена и содержит многочисленные выбросы, что является результатом внешних ударных воздействий на шток и через него на мембрану. Частоты данных шумов лежат в диапазоне 70-250 Гц.

Созданная программно-аппаратная система позволяет осуществлять тестирование мембраны ЛИВДГ в диапазонах частот 0-10 Гц и 10-300 Гц и проверять качество установки отражающего зеркала на мембрану.

Работа выполнена в рамках выполнения исследований по госбюджетной теме НИР ТОИ ДВО РАН на 2021-2023 гг. «Изучение фундаментальных основ возникновения, развития, трансформации и взаимодействия гидроакустических, гидрофизических и геофизических полей мирового океана», регистрационный номер: АААА-А20-120021990003-3.

#### Литература

1. Яковенко С.В., Будрин С.С., Долгих С.Г., Чупин В.А., Швец В.А. Гидрофизический лазерно-интерференционный комплекс // Научно-технические ведомости СПбГПУ. Физико-математические науки. Санкт-Петербург. 2016. № 4(253). С. 77–84.
2. Долгих Г.И., Будрин С.С., Швец В.А., Яковенко С.В. Автономный лазерный измеритель колебаний давления // Фотоника. 2019. № 4. С. 372-381 DOI: 10.22184/1993-7296.FRos.2019.13.4.372.380

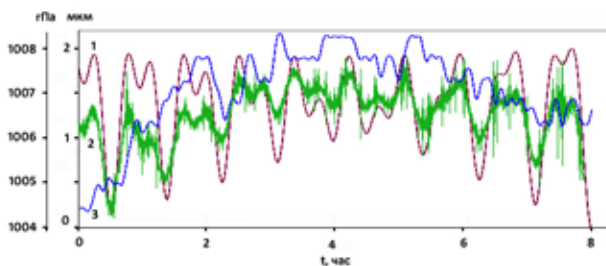


Рис. 2. Результат работы системы проверки ЛИВДГ: 1 – тестовый сигнал, 2 – записанная деформация мембраны ЛИВДГ, 3 – изменения атмосферного давления.