

ЗОНДИРУЮЩИЙ ПРОЗРАЧНОМЕР С ДАТЧИКОМ ТЕМПЕРАТУРЫ ВОДЫ ДЛЯ ИССЛЕДОВАНИЙ В ПРИБРЕЖНОЙ ЗОНЕ С МАЛОМЕРНЫХ СУДОВ

*М.Е. Ли, И.А. Калинин,
О.В. Мартынов, Г.А. Толкаченко*

Морской гидрофизический институт
НАН Украины
г. Севастополь, ул. Капитанская, 2

В статье дается описание экономичного малогабаритного измерителя прозрачности и температуры. Измеритель собран по двухлучевой схеме на полупроводниковых элементах. Для оцифровки сигналов и передачи информации в приборе использован микроконтроллер фирмы (МК) Analog Devices ADuC812. Приводятся описание работы измерителя, технические характеристики и некоторые результаты его применения

В настоящее время значительно возрос объем гидрооптических исследований в прибрежной зоне Украины. Это обусловлено как экономическими причинами (постановка новых народнохозяйственных задач и уменьшение количества рейсов за границы экономической зоны Украины), так и появлением технических возможностей проведения подспутниковых экспериментов вблизи берега (улучшение пространственного разрешения сканеров цвета океана нового поколения и модернизации алгоритмов обработки данных сканеров старых поколений [1]). Для уменьшения экспедиционных расходов такие исследования целесообразно проводить с маломерных судов - катеров, моторных лодок, поэтому актуальной стала задача разработки гидрооптической аппаратуры, основным требованием к которой является совмещение высоких метрологических характеристик при минимальных габаритах, массе и энергопотреблении.

Для решения поставленной задачи в Отделе оптики моря МГИ НАНУ был разработан и изготовлен малогабаритный измеритель прозрачности и температуры на полупроводниковых элементах. Установка датчика температуры в измеритель прозрачности позволяет получать дополнительную информацию о формировании

вертикальной структуры гидрооптических полей.

С целью стабилизации свойств полупроводниковых светондущающих и приемных диодов, в разработанном приборе применен двухлучевой принцип измерений с отрицательной обратной связью по оптическому каналу, а также автоколлимационная оптическая схема с трипсель-призмой в качестве отражающего элемента. Функциональная схема измерителя прозрачности представлена на рисунке 1. Основные элементы функциональной схемы разделены на два канала - измерительный и опорный. Опорный канал содержит генератор стабильных прямоугольных импульсов, дифференциальный усилитель, излучающий светодиод, усилитель опорного сигнала, фотодиод опорного сигнала, входную диафрагму, светоделительную пластину, измерительный канал состоит из излучающего светодиода, светоделительной пластины, объектива-иллюминатора, трипсель-призмы, зеркальца, входной диафрагмы, фотодиода измерительного сигнала, усилителя измерительного сигнала, синхронного детектора и НЧ фильтра.

Рассмотрим работу модуля для измерений прозрачности морской воды. Свет от светодиода с помощью светоделительной пластины расщепляется на два луча. Прошедший через светоделительную пластину измерительный луч, сформированный с помощью объектива-иллюминатора в параллельный пучок света, выходит в исследуемую среду. В среде измерительный луч проходит расстояние до трипсель-призмы, отражается от нее, вновь проходит через измеряемую среду в обратном направлении и через тот же объектив-иллюминатор возвращается внутрь герметичного контейнера. Внутри контейнера ослабленный измеряемой средой свет, отразившись от светоделительной пластины и зеркальца, фокусируется в центре измерительной диафрагмы и далее падает на одну из светочувствительных площадок двухэлементного фотодиода. После усиления, демодуляции и сглаживания сигнал подается на вход коммутатора аналого-цифрового преобразователя (АЦП) МК ADuC812.

Опорный луч формируется из той части света светодиода, которая отражается от светоделительной пластины. С помощью зеркальца опорный пучок света направля-

ется непосредственно на другую светочувствительную площадку двухэлементного фотодиода.

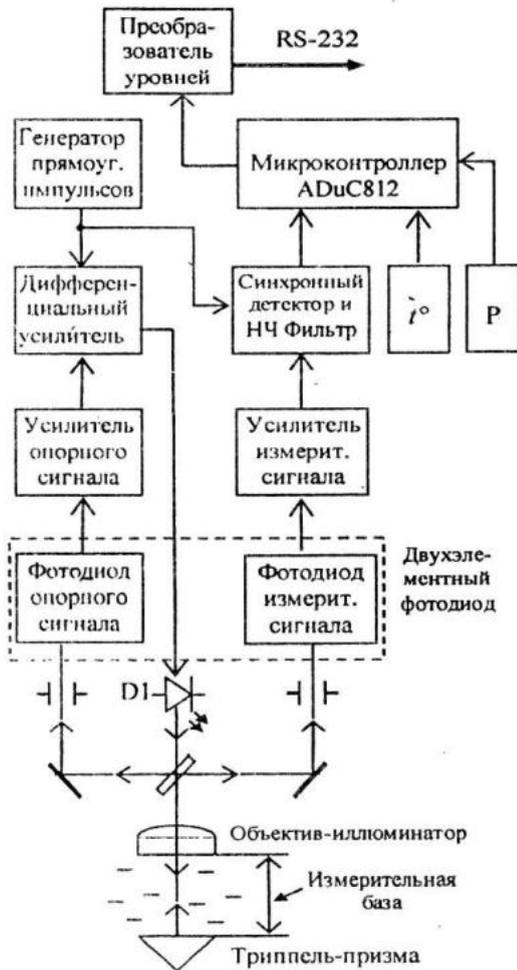


Рисунок 1 – Функциональная схема измерителя прозрачности и температуры

Опорный канал, предназначен для стабилизации светового потока светодиода и компенсации изменения чувствительности фотодиодов. Это происходит следующим образом. Генератор импульсов стабильной амплитуды подает их на один из входов дифференциального усилителя (ДУ), в то время как на второй вход ДУ попадают импульсы с опорного фотодиода. ДУ управляет светодиодами так, чтобы амплитуда и форма импульсов от генератора и фотодиода были одинаковыми. Таким образом, произведение светового потока на чувствительность фотодиода поддерживается постоянной. Поскольку фотодиоды сделаны из одной и той же пластины кремния, расположены на одной подложке и в едином корпусе то компенсация времен-

ных и температурных изменений светового потока и чувствительности светодиода справедлива и для измерительного канала.

Для измерений температуры использован термисторный датчик сопротивлением 1 кОм с постоянной времени около 0.3 с, включенный в плечо моста Уинстона. Давление измеряется серийным тензопреобразователем ДД2,5А. После усиления сигналы датчиков также подаются на входы коммутатора АЦП МК.

Микроконтроллер ADuC812 фирмы Analog Devices оцифровывает аналоговые сигналы датчиков и формирует кадр в последовательном коде. Далее уровни выходных сигналов микроконтроллера преобразуются в уровни стандарта RS-232 для передачи данных по кабелю в бортовой компьютер.

Применение микроконтроллера позволило отказаться от традиционных для отдела оптики моря методов передачи нескольких аналоговых сигналов посредством частотной модуляции или с помощью многожильного кабеля. По сравнению с частотной модуляцией существенно упростилась электрическая схема прибора, значительно сократилось время на ее изготовление и настройку. Использование тяжелого многожильного кабеля ухудшало оперативность и снижало надежность работы измерителя.

Калибровка канала показателя ослабления проводилась с помощью набора нейтральных фильтров по стандартной методике [2]. Датчик температуры калибровался в термостате по показаниям ртутного термометра с ценою делений 0.2°C. Датчик давления калибровали в спокойную погоду с помощью размеченного троса. Основные технические характеристики прибора приводятся в таблице 1.

Гидрооптические исследования с помощью измерителя прозрачности и температуры проводились в ходе подспутниковых экспериментов в районе океанографической платформы летом и осенью 2007 г. Разработанный прибор использовался при многократных съемках полигона с борта шестиместного катера и позволил провести измерения до глубин 70 м, надежно обеспечивая проведение гидрооптических исследований.

На рисунке 2 приведен пример полученных вертикальных профилей показате-

Таблица 1 – Основные технические характеристики измерителя прозрачности и температуры

Диапазон измерения показателя ослабления (lg)	- 0.01-1.0 м ⁻¹ ;
Погрешность измерения показателя ослабления (lg)	+/- 0.015 м ⁻¹ ;
Область спектральной чувствительности	- 660 нм;
Длина базы	- 0.25 м;
Постоянная времени измерения показателя ослабления	< 0.5 с;
Диапазон измерений температуры	- 0 – 40;
Погрешность измерения температуры	+/- 0.2°С;
Постоянная времени измерений температуры	< 0.3 с;
Максимальная глубина погружения	- 150 м;
Погрешность измерения глубины	+/- 0.5%;
Связь с бортовым ноутбуком	- 4-х жильный кабель;
Частота отсчетов	- 5 Гц;
Источник питания	+ 12 - 18 В, 0.15 А;
Габариты	- Ø110 x700 мм;
Масса	- 3.5 кг.

ля ослабления и температуры. Видно, что некоторые особенности вертикального распределения ослабления связаны с распределением температуры. Так, верхний локальный максимум показателя ослабления на глубине 10,5 м соответствует локальному перегибу на профиле температуры, главный максимум обусловлен слоем с максимальными градиентами температуры.

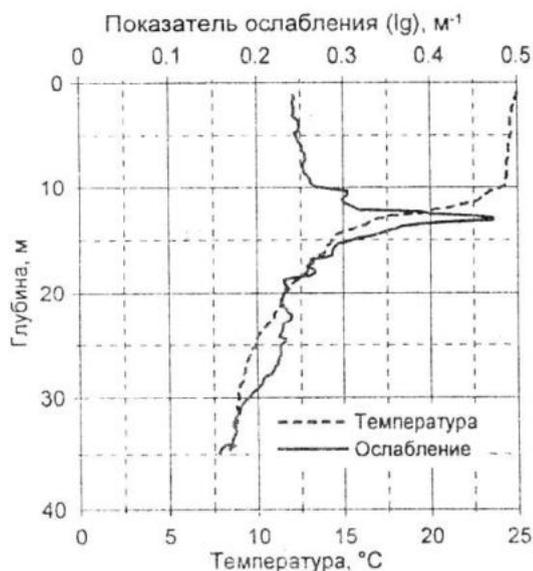


Рисунок 2 – Вертикальные профили показателя ослабления и температуры на полигоне в районе океанографической платформы

В то же время на графике наблюдается особенность на распределении показателя ослабления в виде неявно выраженного максимума на глубине 22-30 м, которую нельзя объяснить резкими градиентами температуры. По литературным данным [3]

наличие этого максимума объясняется тем, что на глубине, равной по величине двум глубинам видимости белого диска (в нашем случае глубина диска была - 12-13 м) наблюдается зона оптимального фотосинтеза.

Заключение. Данный прибор следует квалифицировать как прозрачномер-стратификатор, так как примененная в нем традиционная автоколлимационная оптическая схема дает завышенные величины показателя ослабления света в воде [4]. В связи с этим указанная в таблице погрешность измерения показателя ослабления является погрешностью градуировки прозрачномера на воздухе. Указанный недостаток будет устранен в дальнейшем.

ЛИТЕРАТУРА

1. В.В. Суслин, Т.Я. Чурилова, Г.А. Толкаченко, Г.П. Берсенева, С.Н. Королев, В.Е. Смоллов, А.А. Кучерявый. Опыт совместного анализа синхронных *in situ* и спутниковых измерений био-оптических характеристик в прибрежной зоне черного моря (Кацивели-2001) // Сборник работ по программе BLACK SEA GOOS. 2003. – Вып. 2(7). – С. 100–110.
2. Руководство по гидрологическим работам в океанах и морях. Гл. 14. – Л.: Гидрометеиздат. 1977. – 725 с.
3. Оптика океана. Том 2. Прикладная оптика океана. – М.: Наука, 1983. – С. 81.
4. В.И. Маньковский. Возможные ошибки в определении показателя ослабления света автоколлимационным прозрачномером с трипль призмой // Системы контроля окружающей среды. – Севастополь: МГИ НАНУ. 1998. – С. 67–71.