

ПРОЗРАЧНОМЕР ДЛЯ МОРСКОЙ ПРИБРЕЖНОЙ СТАНЦИИ

В.И. Маньковский, М.Н. Пеньков,
А.С. Бондаренко

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

Описано устройство прозрачномера, предназначенного для проведения измерений показателя ослабления направленного света в двух участках видимой области спектра на морской прибрежной станции.

Измерения показателя ослабления направленного света дают информацию, полезную для оценки экологического состояния среды. Измерения в красной области спектра 640 – 660 нм позволяют оценивать концентрацию в воде взвешенных веществ, измерения в синей области 420 – 440 нм дают возможность следить за изменением концентрации в

воде растворенных органических соединений.

Прозрачномеры широко используются в зондирующих приборах и реже в стационарных установках. В МГИ создан прозрачномер для морской прибрежной станции.

На рис. 1 показана оптическая схема прозрачномера. Ее составляют: два светодиода СД1, СД2; фотодиод ФД; объективы О1, О2, О3; полупрозрачные зеркала ЗП1, ЗП2, ЗП3; обычные зеркала З1, З2; подвижная шторка ПШ, перемещаемая шаговым двигателем ШД. Опорный луч света, отраженный зеркалами З2 и З1, проходит из верхнего контейнера в нижний через отверстие сделанное в теле соединительной консоли.

На рис. 2 показана блок-схема электроники прибора. В ее составе: блок программного управления (БПУ), блок светодиодов (СД1 и СД2), шаговый двигатель (ШД), фотодиод (ФД), усилитель (У), аналого-цифровой преобразователь (АЦП), накопитель информации (НИ).

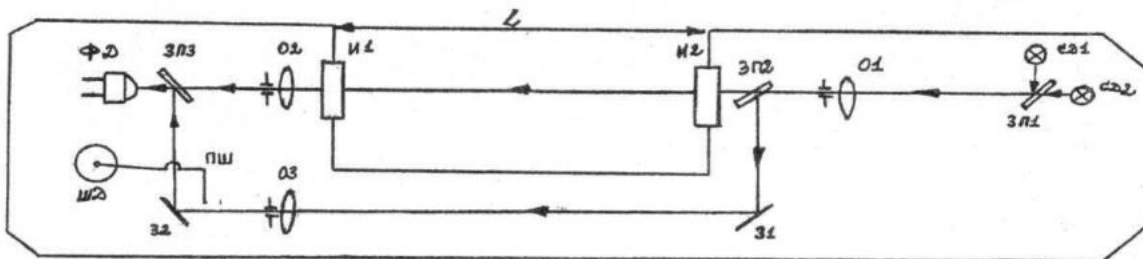


Рис.1 – Оптическая схема прозрачномера

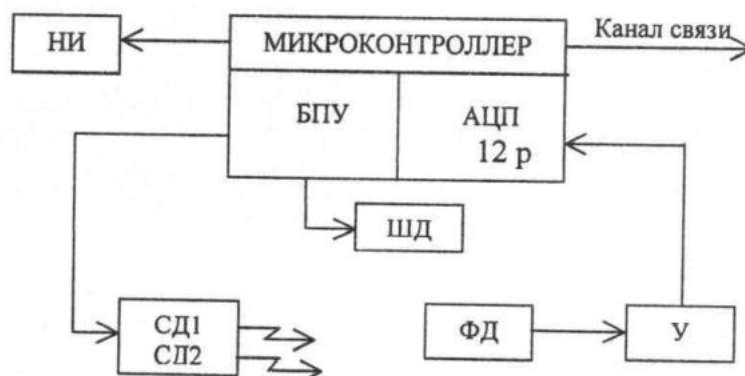


Рис. 2 – Блок-схема электроники прозрачномера

Прибор построен на базе микроконтроллера ADuC812. Он управляет шаговым двигателем и всеми измерительными процессами. Он также осуществляет связь прибора с другими устройствами, входящими в состав морской прибрежной станции или с накопителем информации, при работе в автономном режиме.

Измерения показателя ослабления света в каждом спектральном диапазоне осуществляются в три такта. В первом такте ПШ перекрывает луч опорного луча света и на ФД попадает лишь измерительный луч. Во втором такте шаговый двигатель открывает ПШ, и на фотодиод приходят совместно измерительный и опорный лучи. В третьем такте светодиод выключен, и фотодиод регистрирует лучи дневного света, рассеянные средой находящейся в измерительной базе (фоновая засветка).

В результате измерительных процедур в каждом такте на выходе фотодиода, с учетом линейности его фотометрической характеристики, регистрируются напряжения U_1 , U_2 , U_3 , зависящие от следующих величин:

$$U_1 = I_0 T_1 S \cdot 10^{(-kL)} + I_\phi T_2 S \quad (1)$$

$$U_2 = I_0 T_1 S \cdot 10^{(-kL)} + I_\phi T_2 S + I_0 T_3 S \quad (2)$$

$$U_3 = I_\phi T_2 S, \quad (3)$$

где I_0 - интенсивность излучения светодиода;

I_ϕ - интенсивность фоновой засветки;

T_1 , T_2 , T_3 - коэффициенты светопропускания оптических трактов: измерительного, опорного, фонового;

S - чувствительность фотодиода;

k - показатель ослабления света в измеряемой среде;

L - длина оптической базы.

В течение полного цикла измерений, составляющего 2 секунды (по 1 секунде на каждый такт), величины I_0 и S можно считать с высокой степенью приближения постоянными. С учетом этого, проведя следующие процедуры вычитания и деления, получим:

$$N = \frac{(U_1 - U_3)}{(U_2 - U_1)} = \frac{T_1 \cdot 10^{(-kL)}}{T_3} \quad (4)$$

Коэффициенты светопропускания оптических трактов T_1 и T_3 и длина оптической базы L являются величинами неизменными и, таким образом, изменение величины N зависит только от изменения показателя ослабления света.

Прологарифмировав выражение (4), имеем:

$$\lg N = \lg \left(\frac{T_1}{T_3} \right) - kL, \quad (5)$$

отсюда

$$k = \frac{1}{L \left[\lg \left(\frac{T_1}{T_3} \right) - \lg N \right]} \quad (6)$$

Аппаратную функцию $\lg N = \lg \left(\frac{T_1}{T_3} \right)$

определяем при измерении на воздухе, когда величину k можно считать равной нулю:

$$\lg \left(\frac{T_1}{T_3} \right) = \lg N(k=0). \quad (7)$$

Градуировка прозрачномера производится с помощью аттестованных нейтральных светофильтров с оптическими плотностями D_i , которые являются эквивалентами оптических плотностей среды kL измеряемой прозрачномером, а именно $D_i = k_i l$.

При измерениях в воде в величину k (возд.), определенную по градуировке выполненной на воздухе, вводится поправка dk учитывающая уменьшение потерь света на отражение внешними гранями иллюминаторов в воде по сравнению с воздухом.

$$k(\text{вода}) = k(\text{возд.}) + dk. \quad (8)$$

Величина dk рассчитывается по формуле [1]:

$$dk = \frac{1}{L} \cdot \lg \left[\frac{(1 - r_{ст.вода})}{(1 - r_{ст.возд.})} \right]^n, \quad (9)$$

где $r_{ст.вода}$ и $r_{ст.возд.}$ - коэффициенты отражения света на границах раздела стекло - вода и стекло - воздух; n - число отражений

светового луча на внешних гранях иллюминаторов.

В нашем случае число отражений $n = 2$, длина базы $L = 0,21$ м и поправка для длины волны 440 нм составит $dk(440) = 0,17 \text{ м}^{-1}$, а для 660 нм $dk(660) = 0,16 \text{ м}^{-1}$.

Технические характеристики прозрачномера

1	Спектральные области измерений, нм	420–440 и 640–660
2	Диапазон измеряемых величин, $\text{м}^{-1}(\lg)$	0,01 – 1,0
3	Разрешающая способность, $\text{м}^{-1}(\lg)$	0,0025
4	Длина оптической базы, м	0,21
5	Длительность цикла измерения в одном спектральном канале, с	1

Заключение: 1. При разработке прозрачномера учитывалось требование долговременной стабильности работы его фотометрической схемы, так как профилактические осмотры морской прибрежной станции планируется проводить раз в три месяца. Принятая в прозрачномере схема измерений показателя ослабления света с автокалибровкой по источнику излучения исключает влияние изменения интенсивности излучения светодиода и чувствительности фотодиода вследствие их временного дрейфа и температурной зависимости.

2. Задачей морской прибрежной станции является слежение за изменением состояния среды на масштабах от нескольких часов и более.

С учетом этого, время измерения показателя ослабления в обоих спектральных кана-

лах, составляющее в прозрачномере 2 секунды, вполне обеспечивает мониторинг в таких временных масштабах. При этом обеспечивается достаточный механический ресурс работы шагового двигателя, переключающего оптические каналы.

ЛИТЕРАТУРА

1. Афонин Е.И., Спиридонов В.В. К методике градуировки фотометров для измерения показателя ослабления направленного света // Морские гидрофизические исследования. – Севастополь, МГИ АН Украины, 1972. - С. 96-105.

2. Маньковский В.И. Основы оптики океана // Методическое пособие. – Севастополь, МГИ НАН Украины, 1996. – 120 с.