

## СПОСОБ ИЗМЕРЕНИЯ ПОКАЗАТЕЛЯ ОСЛАБЛЕНИЯ НАПРАВЛЕННОГО СВЕТА В ПОЛУПРОЗРАЧНЫХ СРЕДАХ

*В.А. Гайский, В.И. Маньковский,  
П.В. Гайский*

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

*Предлагается способ измерения показателя ослабления направленного света с использованием двух источников и двух приемников света, при котором исключается влияние на результат измерения изменчивости яркости источника и чувствительности приемника света, коэффициентов поглощения света в оптических трактах прибора и иллюминаторах и внешней засветки.*

Известны способы и устройства для измерения показателя ослабления направленного света, основанные на измерении интенсивности пучка света до и после прохождения им в среде известного расстояния и вычислении показателя ослабления по закону Бугера. Общим свойством этих способов является использование для измерения одного источника и одного приемника света.

При этом на результат измерения показателя ослабления света влияют изменчивость во времени и от температуры яркости источника света, коэффициента чувствительности приемника света, коэффициентов пропускания (поглощения) света в оптических трактах источника и приемника, коэффициентов пропускания (поглощения) света в иллюминаторах, интенсивности внешней засветки приемника.

Для устранения влияния перечисленных факторов в различных устройствах используют схемы самокалибровки, переменной или двойной баз, модуляции светового пучка, термостатирование источника света и фотоприемника и другое. Эти меры требуют сложных технических решений и не всегда эффективны.

Например, в логарифмическом фотометре-прозрачномере [1], содержащем один источник света и один приемник света, используется механическая модуляция пучка

света и разделение его на опорный и измерительный пучки, причем через среду проходит только измерительный пучок. При этом имеется зависимость результата измерения от разницы поглощения света в разных оптических трактах двух пучков и иллюминаторов. К тому же использование зеркального модулятора с двигателем, поворотной приемной герметичной трубы и поглотителей светового фона усложняет прибор и снижает его надежность.

В двухканальном фотометре для измерения прозрачности исследуемой среды [2] источник направленного света, связан с приемником света по оптической трассе через зеркало, иллюминатор, среду, другой иллюминатор и другое зеркало. Это устройство также, как и другие аналоги, предполагает один источник и один приемник света. При этом разделение пучка света на опорный и измерительный пучки осуществляется зеркальным обтюратором, а приемная труба выполнена поворотной относительно оси осветительной трубы и вне труб установлены поглотители светового фона.

В этом устройстве не исключается влияние на результат измерения различия в поглощении света в оптических трактах двух пучков, включая иллюминаторы.

Далее в статье предлагается способ измерения показателя ослабления направленного света в полупрозрачных средах, а также устройства для его осуществления, в которых путем использования двух источников направленного света и двух фотоприемников, размещенных в среде определенным образом, а также за счет других особенностей, характеризующих приемы способа и конструкцию, обеспечивается устранение влияния на результат измерения неконтролируемых параметров прибора и внешней засветки.

Способ может реализовываться в нескольких вариантах в зависимости от набора параметров, влияние которых необходимо исключить.

На рисунке 1 показана общая схема размещения источников и приемников света с указанием измерительных баз  $L_{11}$ ,  $L_{12}$  и  $L_{21}$ ,  $L_{22}$  на соответствующих оптических трассах первого и второго источников.

Сущность способа поясняется следующим.

Пусть источник направленного света с интенсивностью  $\Phi(t)$  помещен в среду с

показателем ослабления направленного света  $\varepsilon$ . Приемник света с коэффициентом чувствительности  $S(t)$  находится в среде в луче источника на расстоянии  $L$ . На трассе от источника к приемнику имеется фоновая засветка приемника с интенсивностью  $\Phi_0(t)$ . По пути от источника к приемнику свет проходит оптический тракт источника с коэффициентом пропускания  $k$ ,

иллюминатор источника с коэффициентом пропускания  $\ell$ , среду с коэффициентом пропускания  $e^{-\varepsilon L}$ , иллюминатор приемника с коэффициентом пропускания  $m$ , оптический тракт приемника с коэффициентом пропускания  $p$ .

В соответствии с законом Бугера для сигнала на выходе приемника можно записать

$$U(t) = \Phi(t) k \ell e^{-\varepsilon(t)L} m p S + \Phi_0(t) m p S. \quad (1)$$

В этом выражении искомой неизвестной является величина  $\varepsilon(t)$ , наблюдаемая величина –  $U(t)$ , величина  $\Phi(t)$  задаваемая, но не контролируемая по абсолютному значению, величина  $\Phi_0(t)$  неизвестная, но предположительно относительно медленно изменяющаяся.

Коэффициент чувствительности  $S$  неизвестен и медленно изменяется от внешних факторов и старения.

Конструктивные коэффициенты  $k$  и  $p$  неизвестны, изменяются очень медленно и могут считаться постоянными на время между поверками.

Коэффициенты  $\ell$  и  $m$  неизвестны и медленно изменяются из-за загрязнения иллюминаторов, параметр  $L$  известен.

Задача состоит в том, чтобы сделать результат измерения независимым от абсолютных значений величин  $\Phi(t)$  и  $\Phi_0(t)$ , коэффициента  $S$  и мало зависящим от конструктивных параметров  $k$  и  $p$  и конструктивно-эксплуатационных параметров  $\ell$  и  $m$ .

Для этого в среде размещают два источника света и два приемника. При измерении источники по очереди облучают одновременно оба приемника (рис. 1).

При облучении  $i$ -м источником интенсивностью  $\Phi_i(t)$   $j$ -го приемника по трассе  $ij$ , имеющей длину в среде  $L_{ij}$ , для сигнала на выходе  $j$ -го приемника получим

$$U_{ij}(t) = \Phi_i(t) k_{ij} \ell_{ij} e^{-\varepsilon(t)L_{ij}} m_{ij} p_{ij} S_j + \Phi_{0j}(t) m_{ij} p_{ij} S_j, \quad (2)$$

где  $k_{ij}$ ,  $\ell_{ij}$ ,  $m_{ij}$ ,  $p_{ij}$  – соответствующие коэффициенты;

$\Phi_{0ij}$  – внешняя засветка на трассе  $ij$ .

Измерение произведем за четыре такта. Считаем, что за это время  $\varepsilon(t) = \text{const}$ .

В первом такте включим первый источник интенсивностью  $\Phi_1(t_1)$  и зафиксируем сигналы на выходах первого  $U_{11}(t_1)$  и второго  $U_{12}(t_1)$  приемников. Во втором такте включим первый источник на другую интенсивность  $\Phi_1(t_2)$  и вновь зафиксируем

сигналы на выходах первого  $U_{11}(t_2)$  и второго  $U_{12}(t_2)$  приемников. В третьем такте включим второй источник с интенсивностью  $\Phi_2(t_3)$  и зафиксируем сигналы на выходах первого  $U_{21}(t_3)$  и второго  $U_{22}(t_3)$  приемников. В четвертом такте вновь включим второй источник с другой интенсивностью  $\Phi_2(t_4)$  и зафиксируем сигналы на выходах первого  $U_{21}(t_4)$  и второго  $U_{22}(t_4)$  приемников.

В соответствии с уравнениями (1) и (2) можем записать

$$U_{11}(t_1) = \Phi_1(t_1) k_{11} \ell_{11} e^{-\varepsilon L_{11}} m_{11} p_{11} S_1 + \Phi_{011}(t_1) m_{11} p_{11} S_1, \quad (3)$$

$$U_{12}(t_1) = \Phi_1(t_1) k_{12} \ell_{12} e^{-\varepsilon L_{12}} m_{12} p_{12} S_2 + \Phi_{012}(t_1) m_{12} p_{12} S_2, \quad (4)$$

$$U_{11}(t_2) = \Phi_1(t_2) k_{11} \ell_{11} e^{-\varepsilon L_{11}} m_{11} p_{11} S_1 + \Phi_{011}(t_2) m_{11} p_{11} S_1, \quad (5)$$

$$U_{12}(t_2) = \Phi_1(t_2) k_{12} \ell_{12} e^{-\varepsilon L_{12}} m_{12} p_{12} S_2 + \Phi_{012}(t_2) m_{12} p_{12} S_2, \quad (6)$$

$$U_{21}(t_3) = \Phi_2(t_3) k_{21} \ell_{21} e^{-\varepsilon L_{21}} m_{21} p_{21} S_1 + \Phi_{021}(t_3) m_{21} p_{21} S_1, \quad (7)$$

$$U_{22}(t_3) = \Phi_2(t_3) k_{22} \ell_{22} e^{-\varepsilon L_{22}} m_{22} p_{22} S_2 + \Phi_{022}(t_3) m_{22} p_{22} S_2, \quad (8)$$

$$U_{21}(t_4) = \Phi_2(t_4) k_{21} \ell_{21} e^{-\varepsilon L_{21}} m_{21} p_{21} S_1 + \Phi_{021}(t_4) m_{21} p_{21} S_1, \quad (9)$$

$$U_{22}(t_4) = \Phi_2(t_4) k_{22} \ell_{22} e^{-\varepsilon L_{22}} m_{22} p_{22} S_2 + \Phi_{022}(t_4) m_{22} p_{22} S_2. \quad (10)$$

Чтобы убрать внешнюю засветку, необходимо оставить реакцию системы только на переменную составляющую интенсивности источников. Для этого проведем вычитание из выражения (3) выражения (5);

из выражения (4) – выражения (6); из выражения (7) – выражения (9); из выражения (8) – выражения (10).

Получим

$$U_{11}(t_1) - U_{11}(t_2) = [\Phi_1(t_1) - \Phi_1(t_2)] k_{11} \ell_{11} e^{-\varepsilon L_{11}} m_{11} p_{11} S_1, \quad (11)$$

$$U_{12}(t_1) - U_{12}(t_2) = [\Phi_1(t_1) - \Phi_1(t_2)] k_{12} \ell_{12} e^{-\varepsilon L_{12}} m_{12} p_{12} S_2, \quad (12)$$

$$U_{21}(t_3) - U_{21}(t_4) = [\Phi_2(t_3) - \Phi_2(t_4)] k_{21} \ell_{21} e^{-\varepsilon L_{21}} m_{21} p_{21} S_1, \quad (13)$$

$$U_{22}(t_3) - U_{22}(t_4) = [\Phi_2(t_3) - \Phi_2(t_4)] k_{22} \ell_{22} e^{-\varepsilon L_{22}} m_{22} p_{22} S_2. \quad (14)$$

Для исключения  $\Phi(t)$  разделим выражения (11) на (12) и (14) на (13).  
Получим

$$\frac{U_{11}(t_1) - U_{11}(t_2)}{U_{12}(t_1) - U_{12}(t_2)} = \frac{k_{11} \ell_{11} m_{11} p_{11} S_1}{k_{12} \ell_{12} m_{12} p_{12} S_2} e^{\varepsilon(L_{12} - L_{11})}, \quad (15)$$

$$\frac{U_{22}(t_3) - U_{22}(t_4)}{U_{21}(t_3) - U_{21}(t_4)} = \frac{k_{22} \ell_{22} m_{22} p_{22} S_2}{k_{21} \ell_{21} m_{21} p_{21} S_1} e^{\varepsilon(L_{21} - L_{22})}. \quad (16)$$

Для исключения  $S_i$  умножим выражения (15) и (16). Получим

$$\frac{[U_{11}(t_1) - U_{11}(t_2)][U_{22}(t_3) - U_{22}(t_4)]}{[U_{12}(t_1) - U_{12}(t_2)][U_{21}(t_3) - U_{21}(t_4)]} = \frac{k_{11} \ell_{11} m_{11} p_{11} \cdot k_{22} \ell_{22} m_{22} p_{22}}{k_{12} \ell_{12} m_{12} p_{12} \cdot k_{21} \ell_{21} m_{21} p_{21}} e^{\varepsilon(L_{12} - L_{11} + L_{21} - L_{22})}. \quad (17)$$

Введем коэффициент

$$A = \frac{k_{12} \ell_{12} m_{12} p_{12} \cdot k_{21} \ell_{21} m_{21} p_{21}}{k_{11} \ell_{11} m_{11} p_{11} \cdot k_{22} \ell_{22} m_{22} p_{22}}. \quad (18)$$

Коэффициент  $A$  содержит произведение отношений всех одноименных параметров четырех оптических трактов.

Если тракты выполнены идентичными и сохраняются идентичными при эксплуатации, то эти параметры равны и коэффициент  $A=1$ . Тогда

$$e^{\varepsilon(t)(L_{12}-L_{11}+L_{21}-L_{22})} = \frac{[U_{11}(t_1)-U_{11}(t_2)][U_{22}(t_3)-U_{22}(t_4)]}{[U_{12}(t_1)-U_{12}(t_2)][U_{21}(t_3)-U_{21}(t_4)]}, \quad (19)$$

$$\varepsilon(t) = \frac{1}{L_{12}-L_{11}+L_{21}-L_{22}} \ell n \frac{[U_{11}(t_1)-U_{11}(t_2)][U_{22}(t_3)-U_{22}(t_4)]}{[U_{12}(t_1)-U_{12}(t_2)][U_{21}(t_3)-U_{21}(t_4)]}. \quad (20)$$

Из последнего выражения видно, что в результате измерения параметры оптических трактов не входят.

Если оптические тракты не являются идентичными, но их конструктивные параметры или их отношение сохраняются по-

стоянными, то коэффициент  $A$  будет постоянной величиной, которая определяется при градуировке.

Перепишем выражение (19) с учетом обозначений (18)

$$e^{\varepsilon(t)(L_{12}-L_{11}+L_{21}-L_{22})} = A \frac{[U_{11}(t_1)-U_{11}(t_2)][U_{22}(t_3)-U_{22}(t_4)]}{[U_{12}(t_1)-U_{12}(t_2)][U_{21}(t_3)-U_{21}(t_4)]} \quad (21)$$

Перемножим  $n$  уравнений вида (21) для  $n$  отсчетов по времени  $t = \overline{1, n}$  и получим

$$e^{(L_{12}-L_{11}+L_{21}-L_{22}) \sum_{t=1}^n \varepsilon(t)} = A^n \prod_{t=1}^n \frac{[U_{11}(t_1)-U_{11}(t_2)][U_{22}(t_3)-U_{22}(t_4)]}{[U_{12}(t_1)-U_{12}(t_2)][U_{21}(t_3)-U_{21}(t_4)]}. \quad (22)$$

Для среднего по времени за  $n$  отсчетов показателя ослабления света получим

$$\bar{\varepsilon} = \frac{1}{n(L_{12}-L_{11}+L_{21}-L_{22})} \left\{ n\sigma + \ell n \prod_{t=1}^n \frac{[U_{11}(t_1)-U_{11}(t_2)][U_{22}(t_3)-U_{22}(t_4)]}{[U_{12}(t_1)-U_{12}(t_2)][U_{21}(t_3)-U_{21}(t_4)]} \right\}, \quad (23)$$

$$\text{где } \bar{\varepsilon} = \frac{1}{n} \sum_{t=1}^n \varepsilon(t); \quad (24)$$

$$\sigma = \ell n A. \quad (25)$$

Член  $n(L_{12}-L_{11}+L_{21}-L_{22})$  в выражении (23) можно интерпретировать как некую виртуальную измерительную базу, в  $n$  раз большую физической. Условием физической реализации способа является

$$L_{12}-L_{11}+L_{21}-L_{22} > 0. \quad (26)$$

Член  $\sigma$  зависит от конкретной физической реализации способа и определяется при градуировке. При  $A=1$  получим  $\sigma=0$ .

В случае, если внешняя засветка в среде отсутствует ( $\Phi_{0ij}=0$ ), используют второй вариант способа, который отличается от первого тем, что одно измерение показателя ослабления выполняют в два такта.

В первом такте первый источник освещает интенсивностью  $\Phi_1(t_1)$  оба приемника и фиксируются на их выходах сигналы  $U_{11}(t_1)$  и  $U_{12}(t_1)$ .

Во втором такте второй источник освещает интенсивностью  $\Phi_2(t_2)$  оба приемника и фиксируются на их выходах сигналы  $U_{21}(t_2)$  и  $U_{22}(t_2)$ .

Можем записать систему уравнений

$$U_{11}(t_1) = \Phi_1(t_1) k_{11} \ell_{11} e^{-\varepsilon L_{11}} m_{11} p_{11} S_1, \quad (27)$$

$$U_{12}(t_1) = \Phi_1(t_1) k_{12} \ell_{12} e^{-\varepsilon L_{12}} m_{12} p_{12} S_2, \quad (28)$$

$$U_{21}(t_2) = \Phi_2(t_2) k_{21} \ell_{21} e^{-\varepsilon L_{21}} m_{21} p_{21} S_1, \quad (29)$$

$$U_{22}(t_2) = \Phi_2(t_2) k_{22} \ell_{22} e^{-\varepsilon L_{22}} m_{22} p_{22} S_2. \quad (30)$$

Преобразуя эти уравнения, получим

$$\frac{U_{11}(t_1)}{U_{12}(t_1)} = \frac{k_{11} \ell_{11} m_{11} p_{11} S_1}{k_{12} \ell_{12} m_{12} p_{12} S_2} e^{\varepsilon(L_{12} - L_{11})}, \quad (31)$$

$$\frac{U_{22}(t_2)}{U_{21}(t_2)} = \frac{k_{22} \ell_{22} m_{22} p_{22} S_2}{k_{21} \ell_{21} m_{21} p_{21} S_1} e^{\varepsilon(L_{21} - L_{22})}. \quad (32)$$

$$e^{\varepsilon(L_{12} - L_{11} + L_{21} - L_{22})} = \frac{k_{11} \ell_{11} m_{11} p_{11} k_{22} \ell_{22} m_{22} p_{22}}{k_{12} \ell_{12} m_{12} p_{12} k_{21} \ell_{21} m_{21} p_{21}} \cdot \frac{U_{11}(t_1) U_{22}(t_2)}{U_{12}(t_1) U_{21}(t_2)}, \quad (33)$$

$$\bar{\varepsilon} = \frac{1}{n(L_{12} - L_{11} + L_{21} - L_{22})} \left[ n\sigma + \ell n \prod_{i=1}^n \frac{[U_{11}(t) U_{22}(t)]}{[U_{12}(t) - U_{21}(t)]} \right]. \quad (34)$$

Рассмотрим варианты технической реализации способа.

Согласно первому варианту устройство содержит первый и второй блоки источников света, входы которых соединены с выходами соответственно первого и второго цифро-аналоговых преобразователей, первый и второй блоки приемников света, выходы которых соединены соответственно со входами первого и второго аналого-цифровых преобразователей, выходы которых подключены ко входам микропроцессора, выходы которого подключены ко входам цифро-аналоговых преобразователей, причем каждый блок источника света содержит источник направленного света с первой оптической трассой через полупро-

зрачное зеркало и первый иллюминатор и в среду и второй оптической трассой от полупрозрачного зеркала, расположенного под углом к оси первой оптической трассы, и через второй иллюминатор в среду, каждый блок приемника света содержит приемник света по первой оптической трассе из среды через первый иллюминатор и полупрозрачное зеркало и второй оптической трассе из среды через второй иллюминатор и от полупрозрачного зеркала, расположенного под углом к оси первой оптической трассы, при этом блоки источников и приемников света размещены в среде в вершинах четырехугольника так, что оси первых оптических трасс первого и второго блоков источников света

совпадают соответственно с осями первых оптических трасс второго и первого блоков приемников света, оси вторых оптических трасс первого и второго блоков источников света совпадают соответственно с осями вторых оптических трасс первого и второго блоков приемников света, а расстояния в среде между иллюминаторами на оптических трассах от первого источника к первому и второму приемникам, соответственно  $L_{11}$ ,  $L_{12}$  и от второго источника к первому и второму приемникам, соответственно  $L_{21}$ ,  $L_{22}$  являются измерительными базами, причем  $L_{12} - L_{11} + L_{21} - L_{22} > 0$ .

В частном случае исполнения устройства источники и приемники света размещены (в составе соответственно блоков источников света и блоков приемников света) в вершинах прямоугольника, как это показано на рисунке 2.

В состав устройства входят первый 1 и второй 2 блоки источников света  $I_1$  и  $I_2$ , первый 3 и второй 4 блоки приемников света  $\Pi_1$  и  $\Pi_2$ , первый 5 и второй 6 цифроаналоговые преобразователи ЦАП1 и ЦАП2, первый 7 и второй 8 цифроаналоговые преобразователи АЦП1 и АЦП2, микропроцессор 9 МП.

Каждый блок источника света содержит источник направленного света 10, полупрозрачное зеркало 11, иллюминаторы 12 и 13.

Каждый блок приемника света содержит приемник 14, полупрозрачное зеркало 15 и иллюминаторы 16 и 17.

Полупрозрачные зеркала во всех блоках устанавливаются под углом к оси оптической трассы и служат для отщепления под углом части падающего на них света.

Блоки расположены по углам четырехугольника для формирования оптических трасс. Трасса от первого источника 10 в блоке 1  $I_1$  к первому приемнику 14 в блоке 3  $\Pi_1$  проходит через полупрозрачное зеркало 11, иллюминатор 13, среду, иллюминатор 17, полупрозрачное зеркало 15.

Длина измерительной базы  $L_{11}$  равна расстоянию между иллюминаторами 13 и 17.

Трасса от первого источника 10 в блоке 1  $I_1$  ко второму приемнику 14 в блоке 4  $\Pi_2$  проходит через полупрозрачное зеркало 11,

иллюминатор 12, среду, иллюминатор 16, полупрозрачное зеркало 15.

Длина измерительной базы  $L_{12}$  равна расстоянию между иллюминаторами 12 и 16.

Трасса от второго источника 10 в блоке 2  $I_2$  к первому приемнику 14 в блоке 3  $\Pi_1$  проходит через полупрозрачное зеркало 11, иллюминатор 12, среду, иллюминатор 16, полупрозрачное зеркало 15.

Длина измерительной базы  $L_{21}$  равна расстоянию между иллюминаторами 12 и 16.

Трасса от второго источника 10 в блоке 2  $I_2$  ко второму приемнику 14 в блоке 4  $\Pi_2$  проходит через полупрозрачное зеркало 11, иллюминатор 13, среду, иллюминатор 17, полупрозрачное зеркало 15.

Длина измерительной базы  $L_{22}$  равна расстоянию между иллюминаторами 13 и 17.

В данном случае  $L_{11} = L_{22} \ll L_{12} = L_{21}$ .

Выходы первого 5 и второго 6 цифроаналоговых преобразователей поданы соответственно на источники света 10 в первом 1 и втором 2 блоках  $I_1$  и  $I_2$ .

Выходы первого 3 и второго 4 блоков приемников  $\Pi_1$  и  $\Pi_2$  поданы соответственно на входы первого 7 и второго 8 аналогоцифровых преобразователей, соответственно АЦП1 и АЦП2.

Цифровые входы-выходы цифроаналоговых и аналогоцифровых преобразователей поданы соответственно на входы-выходы микропроцессора.

Устройство работает следующим образом.

В случае наличия внешней засветки приемников одно измерение осуществляется в четыре такта в соответствии с первым вариантом способа, и вычисление показателя ослабления света выполняется по формуле (23).

Из конструкции устройства видно, что возможно выполнение условий, при которых конструктивно-эксплуатационные коэффициенты изменяются так, что

$$\frac{l_{12} \cdot l_{21}}{l_{11} \cdot l_{22}} \approx const.$$

При этом загрязнение иллюминаторов не будет влиять на результат измерения.

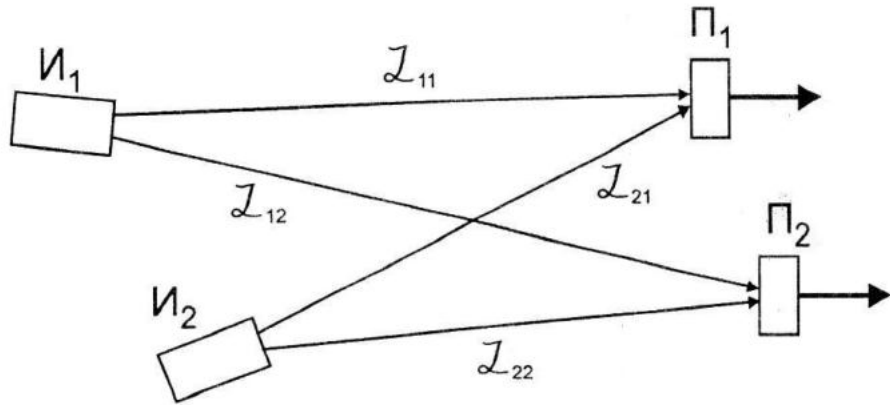


Рисунок 1 – Общая схема размещения источников и приемников света

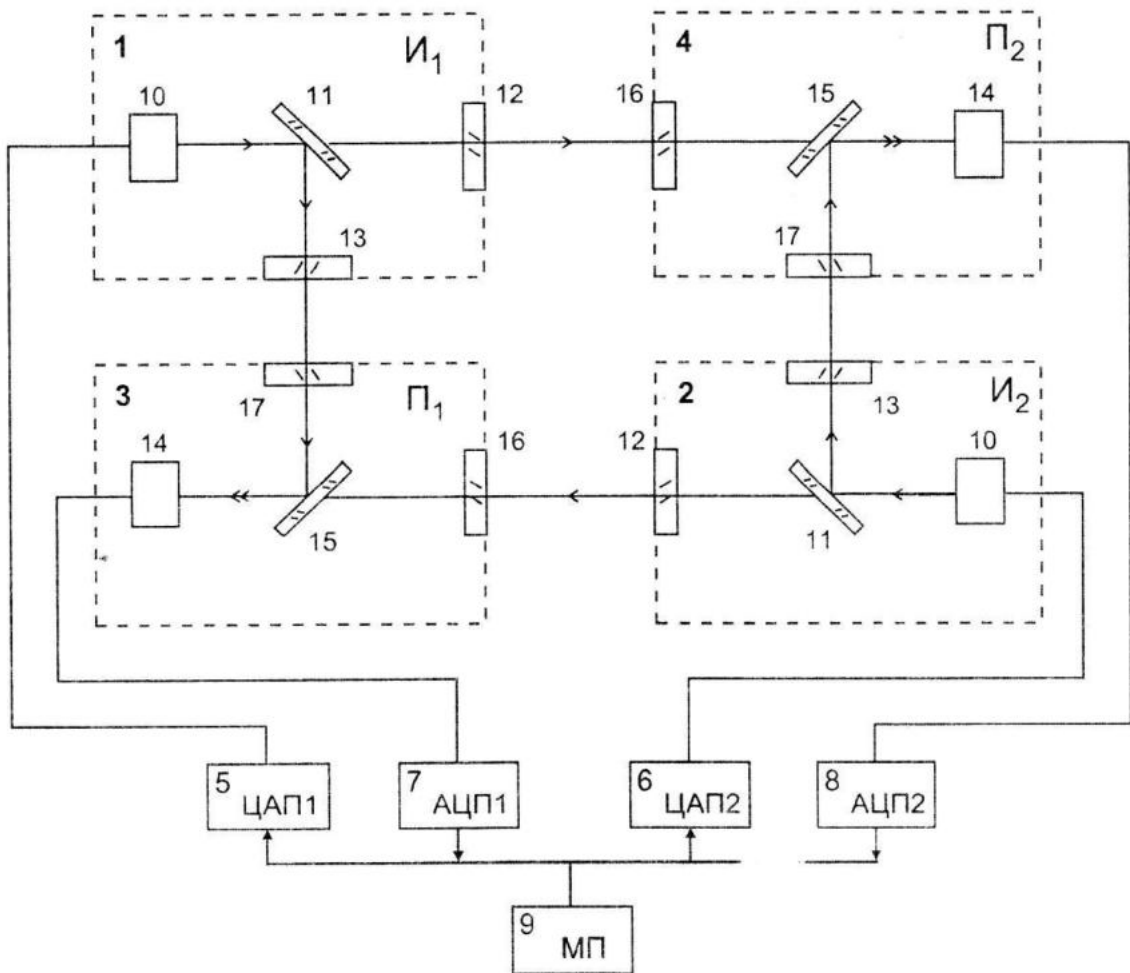


Рисунок 2 – Структурная схема устройства, реализующего первый вариант способа измерения

В случае отсутствия внешней засветки приемников одно измерение осуществляется в два такта в соответствии со вторым вариантом способа, и вычисление показателя ослабления света выполняется по выражению (34).

В случае, когда иллиuminаторы оптических трактов защищены от загрязнения, например, периодической очисткой, то нет необходимости использования нескольких измерительных баз.

Тогда используют второй вариант устройства, который отличается от первого тем, что первый источник и первый приемник размещают совместно в одной точке среды, а второй источник и второй приемник размещают совместно в другой точке

среды на расстоянии измерительной базы, общей для оптических трасс от первого источника ко второму приемнику и от второго источника к первому приемнику.

При этом  $L_{11} = L_{22} = 0$ ,  $L_{12} = L_{21}$ ,  $\ell_{11} = 1$ ,  $m_{11} = 1$ ,  $\ell_{22} = 1$ ,  $m_{22} = 1$ .

Этот вариант устройства представлен на рисунке 3.

Устройство содержит конструктивно идентичные оптико-электронные блоки 1 и 2, первый 3 и второй 6 цифро-аналоговые преобразователи (ЦАП), первый 4 и второй 5 аналого-цифровые преобразователи (АЦП), микропроцессор 7 (МП).

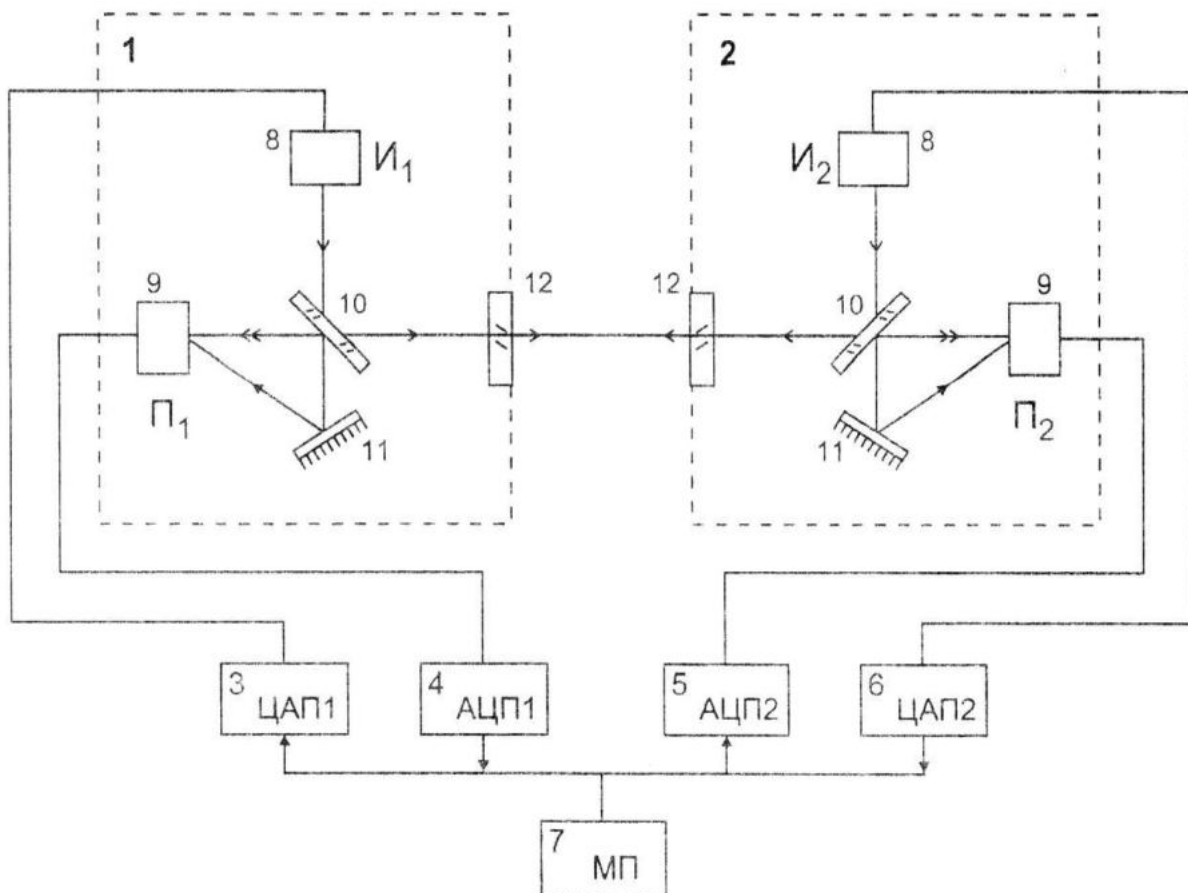


Рисунок 3 – Структурная схема устройства, реализующего второй вариант способа измерения



В состав каждого оптико-электронного блока входят источник света 8, приемник света 9, полупрозрачное зеркало 10, зеркало 11, иллюминатор 12. Блоки разнесены в среде на расстояние общей измерительной базы  $L_{12} = L_{21}$ . Первая оптическая трасса каждого источника 8 к местному приемнику 9 проходит через полупрозрачное зеркало 10 и от зеркала 11, а к удаленному приемнику вторая оптическая трасса каждого источника 8 проходит через полупрозрачное зеркало 10, которое расположено под углом  $45^\circ$  к оси первой оптической трассы источника света, через иллюминатор 12, среду, иллюминатор 12 другого блока и через полупрозрачное зеркало 10 другого оптико-электронного блока.

Устройство выполняет операции измерения и вычисления по первому или второму варианту способа. При этом в вычислениях учитываются как измерительные базы только  $L_{12}$  и  $L_{21}$ , каждая из которых является расстоянием между иллюминаторами.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. М.Е. Ли. Логарифмический фотометр-прозрачномер. // Приборы для научных исследований и системы автоматизации в АН УССР.— Киев. "Наукова думка", 1994 — С. 89–94.
2. Авторское свидетельство СССР №759862, кл.3, G01J 1/04, 1980 г, Бюл. № 32. Двухканальный фотометр для измерения прозрачности исследуемой среды. Е.И. Афонин.