

## УСТРОЙСТВО ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ НАПРАВЛЕНИЯ НА АКУСТИЧЕСКИЕ СИГНАЛЫ

**Азаренко Е. В., Гончаренко Ю. Ю., Дивизинюк М. М.**

*(Севастопольский нац. унив-т ядерной энергии и промышленности)*

На основе особенностей реализации фазового метода пеленгования акустических сигналов в атмосфере, типовой схеме фазоизмерителя предлагается структурная схема для определения направления на акустические сигналы.

**Введение.** Наша повседневная жизнь сопровождается множеством звуков – акустических сигналов природного и техногенного происхождения [1]. Это и шум дождя, и шелест листьев, и рев автомобилей, и вой милицейских сирен и многое другое. Здесь можно выделить одно негативное явление состоящее в том, что множество природных (сход лавин, оползни, шторм, ураганный ветер) и техногенных катастроф сопровождаются звуковыми эффектами в виде специфического гула, звука взрывов и т.п. [2, 3]. Регистрируя направления, откуда исходит этот шум, можно определить направление, в котором произошло катастрофическое событие и откуда приближается опасность.

Существует и множество других ситуаций, когда идет поиск людей, заблудившихся в лесу, или поиск пострадавших, оказавшихся под завалами, или аварийно спасательные работы по подъему людей оказавшихся в воде в темное время суток или в условиях ограниченной видимости (тумане). В подобных ситуациях услышанный выстрел из ружья, крики или звуки свистка, прикрепленного к спасательному жилету [4, 5] указывают направление к месту нахождения пострадавших и значительно сужают объем поисковых работ, направленных на спасение и сохранение человеческих жизней. С этих позиций разработка подобных устройств является актуальной научно-технической задачей.

**Постановка цели и задач научного исследования.** Целью данной работы является разработка устройства для определения направления на акустические сигналы. Для достижения поставленной цели необходимо решить следующие задачи. Во-первых проанализировать особенности реализации фазового метода пеленгования в атмосфере. Во-вторых рассмотреть типовую схему фазоизмерителя. В-третьих предложить структурную схему устройства для определения направления на акустические сигналы.

**Особенности реализации фазового метода пеленгования в атмосфере.** Реализация фазового метода акустического пеленгования в общем виде представлена на рис. 1. Два микрофона  $M_1$  и  $M_2$  закреплены на поворотной основе – базе  $b$ . Электрические выходы микрофонов подключены к фазометру – фаза измерителю  $\Phi$ , а от него в свою очередь к индикатору  $U$ , который визуально отображает величину разности фаз когерентных (подобных) электрических сигналов, поступающих по двум плечам к фазометру.

База  $b$  с установленными на ней микрофонами представляет собой направленную акустическую антенну, ось которой располагается по нормали  $N$ , проведенной к середине базы.

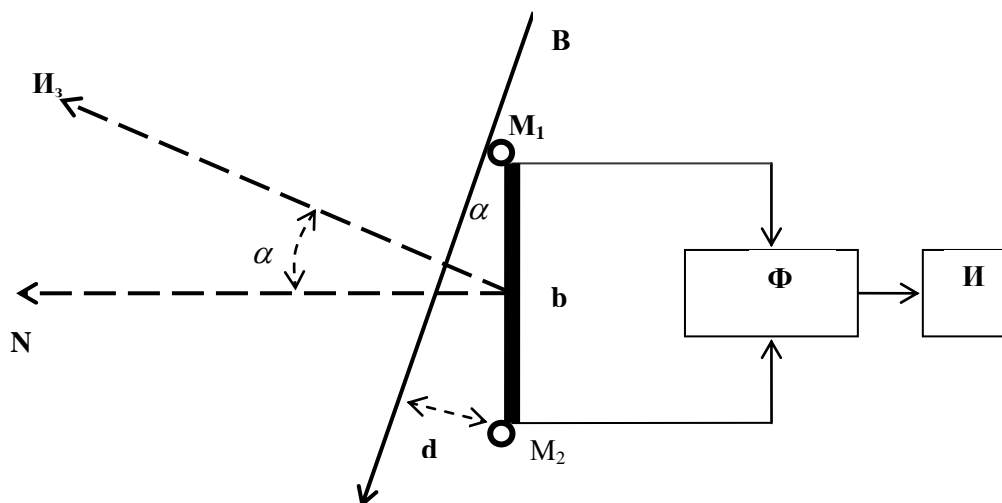


Рис. 1. Схема, поясняющая фазовый метод пеленгования.

Пусть фронт звуковой волны,  $B$  распространяясь от источника звука  $I_3$ , первоначально подходит к первому, а затем ко второму микрофонам. Расстояние, которое необходимо пройти звуковому фронту до второго микрофона равно  $d$ . Это расстояние в конечном итоге определяет разность фаз прихода одного и того же акустического сигнала на разные микрофоны и соответственно разности фаз одного и того же электрического сигнала на измерительные сигналы фазометра. Величина этого расстояния будет определяться углом  $\alpha$  под которым звуковой фронт подходит к базе  $b$  (акустической антенне). разворачивая акустическую антенну, в данном случае по часовой стрелке, величина  $d$  будет уменьшаться, а вместе с ней и величина разности фаз, регистрируемой фазометром. развернув базу на угол  $\alpha$  акустическая антенна будет направлена на источник звука, при этом сигналы принимаемые первым и вторым микрофонами будут синхронными.

Наличие индикатора, визуально отображающего значение и знак (полярность) разности фаз, позволяет выполнить его калибровку и получать численное значение угла  $\alpha$ .

Главным условием определения направления на источник звука состоит в том, что протяженность базы  $b$  – расстояния между микрофонами должно быть больше  $\lambda$  – длины регистрируемых акустических волн. Одним из акустических свойств атмосферы является изменение скорости распространения звука в достаточно широком диапазоне от 280 до 360 м/с. Это обуславливается изменением термобарических характеристик воздушной среды в зависимости от времени суток (день - ночь), климатического сезона (зима - лето) и других региональных гидрометеорологических факторов. Для оценочных расчетов значение скорости звука в атмосфере принимается равным 300 м/с. Тогда для принимаемого акустического синусоидального сигнала на частоте 100 Гц длина волны будет равна трем метрам, на частоте 1 кГц – 30 см, а на частоте 10 кГц – 3 см. Если допустить, что основные источники акустических сигналов имеют наибольшие интенсивности в диапазоне частот от 200 Гц до 3кГц (длины волн соответственно 1,5 м и 10 см), то длина базы не будет превышать полутора-двух метров.

Таким образом, особенности реализации фазового метода пеленгования в атмосфере определяются скоростью распространения звука и полосой принимаемых сигналов. Для стандартной скорости звука в атмосфере равной 300 м/с и диапазона акустических сигналов от 200 Гц до 3 кГц длина принимаемой

акустической антенны не будет превышать полутора-двух метров, а может быть и меньших размеров

**Типовая схема фазоизмерителя.** Основное назначение фазоизмерителя – это преобразование измеряемого фазового сдвига между двумя сигналами, принимаемыми первым и вторым микрофонами, в постоянное напряжение, пропорциональное сдвигу фаз.

Структурная схема фазоизмерителя представлена на рис. 2.

Напряжения  $U_1$  и  $U_2$ , сдвиг фаз между которыми должен быть измерен, поступают на входы формирующих блоков. Это могут быть микросхемы типа триггера – Шмидта или усилители – ограничители, которые вырабатывают прямоугольные напряжения, передние и задние фронты которых совпадают по времени с моментами перехода исследуемых напряжений через ноль (рис. 3а). Полученные прямоугольные напряжения поступают на вход триггера или однополупериодную схему совпадения. Ее работа заключается в том, что она формирует импульс стандартной амплитуды, длительность которого определяется передними фронтами положительных полупериодов прямоугольных напряжений. В дальнейшем согласующий блок и фильтр низких частот сглаживают полученный набор импульсов в постоянное напряжение.

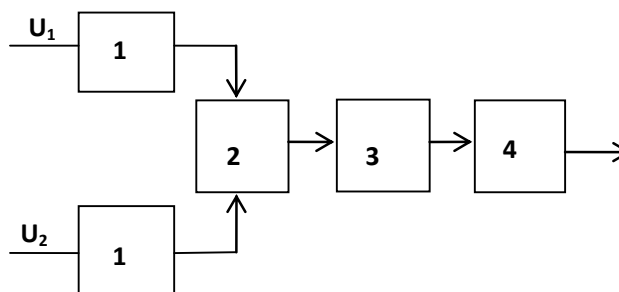


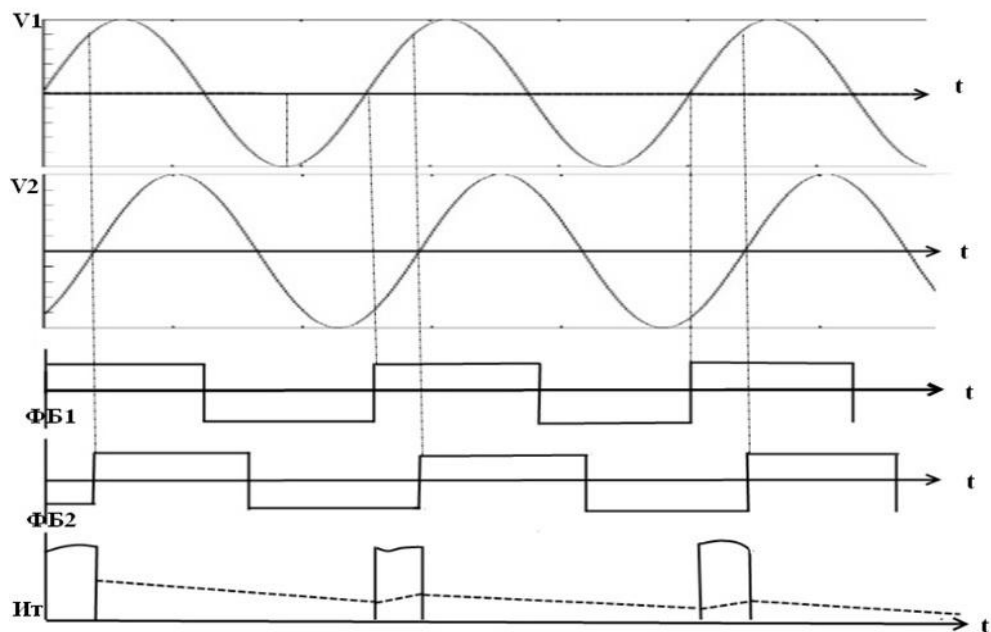
Рис. 2. Структурная схема фазоизмерителя:  
1 – формирующий блок, 2 – триггер,  
3 – согласующий блок, 4 – фильтр

На рис. 3,б показана качественная зависимость величины выходного напряжения от длительности импульсов, которая в свою очередь определяется разностью фаз принимаемых акустических сигналов.

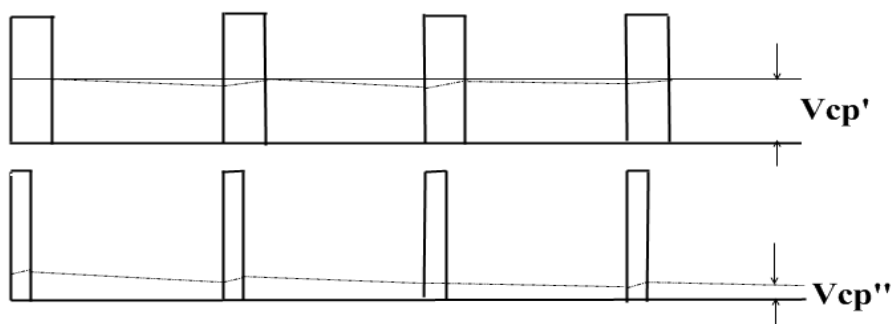
Таким образом, структурная схема фазоизмерителя состоит из двух формирующих блоков, преобразующих синусоидальные сигналы в прямоугольные, схемы совпадения, генерирующей стандартные импульсы, длительность которых определяется передними положительными полупериодами прямоугольных напряжений и согласующего блока с фильтром низких частот, усредняющего полученные импульсы в постоянное напряжение, величина которого пропорциональна разности фаз измеряемых сигналов.

**Типовая схема устройства для определения направления на акустические сигналы.** Шесть направленных микрофонов, расположенных в вершинах шестиугольника будут формировать шесть акустических баз, каждая из которых состоит из двух смежных микрофонов, то есть первую базу формирует микрофон № 1 и №6, второй №1 и № 2 и т.д. Выходя с каждой акустической базы поступают на фазоизмеритель (ФИ), а выход с него через аналого-цифровой преобразователь (АЦП) на процессор. Выход процессора в свою очередь подключается к блоку индикации и управления, как показано на рис. 4.

В работе устройства возможны два варианта. Первый, когда акустический сигнал приходит только на два микрофона или одну акустическую базу. Такое возможно в том случае, когда направление на источник звука проходит в непосредственной близости к нормали. Второй вариант, наиболее частый, когда акустический сигнал принимается тремя микрофонами, то есть приходит на смежных акустических базы. Фазоизмерители обеих баз произведут измерения фазы пришедших акустических сигналов, величина и знак которой зависит от направления на источник звука.



а)



б)

Рис. 3. Диаграммы напряжений, поясняющие работу фазоизмерителя:  
 а) в цепях фазоизмерителя;  
 б) зависимость выходного напряжения от разности фаз.

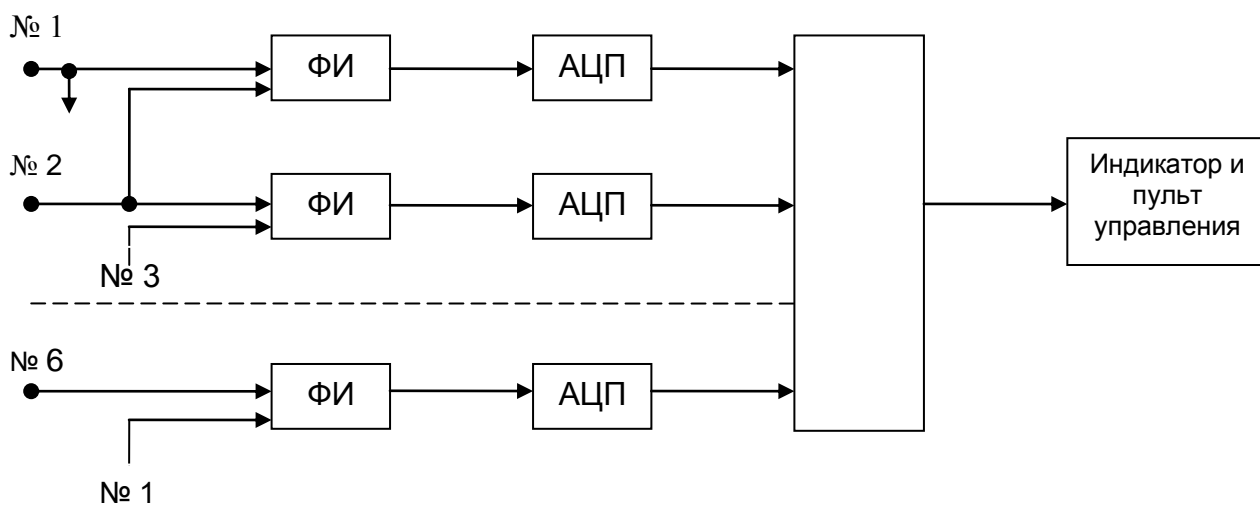


Рис. 4. Структурная схема устройства

Далее аналогово-цифровой преобразователь преобразует этот аналоговый сигнал в цифровой код, который поступит на вход процессора. Математическое и программное обеспечение процессора реализуют вычисленные направления на источник звука в полярных координатах, относительно диаметралии (генерального направления) акустической платформы с шестью микрофона. Это платформа может располагаться например на специальном штативе, устанавливаемом как на земле, так и на автомобиле или малом плавсредстве, или вмонтироваться в специальный шлем (защитную каску).

Таким образом, структурная схема устройства для определения направления на акустические сигналы состоит из акустической платформы в виде равностороннего шестиугольника в вершинах которого располагаются микрофоны, попарно соединенные с шестью фазоизмерителями, которые через аналого-цифровые преобразователи подключаются к процессору, программное обеспечение которого обеспечивает вычисления направленные на источник звука в полярных координатах относительно диаметралии (генерального направления) акустической платформы.

**Выводы.** 1. Особенности реализации фазового метода пеленгования в атмосфере определяются скоростью распространения звука и полосой принимаемых сигналов. Для стандартной скорости звука в атмосфере равной 300 м/с и диапазона акустических сигналов от 200 Гц до 3 кГц длина принимаемой акустической антенны не будет превышать полутора-двух метров.

2. Структурная схема фазоизмерителя состоит из двух формирующих блоков, преобразующих синусоидальные сигналы в прямоугольные, схемы совпадения, генерирующей стандартные импульсы, длительность которых определяется передними положительными полупериодами прямоугольных напряжений и согласующего блока с фильтром низких частот, усредняющего полученные импульсы в постоянное напряжение, величина которого пропорциональна разности фаз измеряемых сигналов.

3. Структурная схема устройства для определения направления на акустические сигналы состоит из акустической платформы в виде равностороннего шестиугольника в вершинах которого располагаются микрофоны, попарно соединенные с шестью фазоизмерителями, которые через аналого-цифровые преобразователи подключаются к процессору, программное обеспечение которого обеспечивает вычисления направленные на источник звука в полярных координатах относительно диаметралии (генерального направления) акустической платформы.

### **Литература**

1. Вовк И.В. Звук, рожденный потоком / И.В. Вовк, В.Т.Гринченко. – К.: Наукова думка, 2010. – 221с.
2. Моніторинг і методи вимірювання параметрів навколишнього середовища / В.М. Ісаєнко, Г.В. Лисиченко, Т.В. Дудар та інш. – К.: вид. «НАУ-друк», 2009. – 312с.
3. Ветер, волны и морские порты /Под.ред. Ю.М. Крылова Л.: Гидрометеоиздат. 1986. – 264с.
4. Гринченко В.Т. Основы акустики./ В.Т.Гринченко, И.В. Вовк, В.Т. Маципура. – К.: Наукова думка, 2007. – 640 с.
5. Дидковский В.С. Акустическая экспертиза каналов речевой коммуникации / В.С. Дидковский, М.В. Дидковская, А.Н. Продеус. – К.: Наукова думка, 2008. – 420 с.