

УДК 621.396

РАЗРАБОТКА СТРУКТУРНОЙ СХЕМЫ АППАРАТУРЫ ИЗМЕРЕНИЯ ДИСТАНЦИИ В ГИДРОАКУСТИЧЕСКОМ КАНАЛЕ*

Б.И. ФИЛИПPOB¹, А.О. КОЖАЕВА²

¹ 630073, РФ, г. Новосибирск, пр. Карла Маркса, 20, Новосибирский государственный технический университет, доцент, кандидат технических наук. E-mail: filiprovboris@rambler.ru

² 630073, РФ, г. Новосибирск, пр. Карла Маркса, 20, Новосибирский государственный технический университет, студент кафедры защиты информации. E-mail: Anna.Kozhaeva@yandex.ru

Объектом исследования являются системы измерения дистанции между объектами, разделенными водной средой. Цель работы – разработка аппаратуры определения времени распространения акустических сигналов между объектами в воде на основе привязки «часов», установленных на объектах, к шкале единого времени. Определение дистанции D от объекта измерения (ОИ) до многофункциональной гидроакустической станции (МГАС) в составе оперативного гидроакустического измерительного комплекса (ОГИК) может осуществляться расчетным методом на основе измерения времени распространения t акустического сигнала между ОИ и МГАС. Для измерения времени распространения акустического сигнала от ОИ до МГАС на ОИ и МГАС размещают взаимно засинхронизированные часы. Отсчет моментов передачи t_i осуществляется по часам ОИ. Сигнал $S(t)$, распространяясь в пространстве, достигает точки нахождения станции. На МГАС осуществляется прием сигнала, фиксируется по часам станции момент обнаружения t_j этого сигнала. На основании информации о моментах передачи из ОИ сигнала, имеющейся на станции, осуществляется определение времени распространения Δt акустического сигнала между ОИ и МГАС. Предложено в качестве образцового генератора применить отечественную аппаратуру частотно-временной синхронизации МРК–23. Применение аппаратуры МРК позволяет организовать привязку составных частей аппаратуры СИД к шкале единого времени путем записи в память в моменты начала и окончания сеанса измерения 13-байтных блоков данных, содержащих информацию о величине смещения внутренней временной шкалы МРК относительно абсолютной временной шкалы и использовании этой информации на этапе обработки данных измерений. Предложены структурные схемы, входящие в состав аппаратуры СИД, и унифицированные модули СИД–МГАС, СИД–ОИ, СИД–К.

* Статья получена 06 октября 2017 г.

Ключевые слова: гидроакустический канал, система измерения дальности, передача и прием гидроакустического сигнала, объект измерения, многофункциональная гидроакустическая станция, оперативный гидроакустический измерительный комплекс, шкала единого времени, частотно-временная синхронизация

DOI: 10.17212/2307-6879-2017-4-33-48

ВВЕДЕНИЕ

Особенности гидроакустических каналов связи были рассмотрены в работах [1–4]. В частности, в [1, 2] исследовались статистические характеристики сигналов и помех, в [3, 4] принципы построения гидроакустических систем и их энергетические характеристики.

Объектом данного исследования является система измерения дистанции (СИД) между объектами, разделенными водной средой.

Определение дистанции D от объекта измерения (ОИ) до многофункциональной гидроакустической станции (МГАС) в составе оперативного гидроакустического измерительного комплекса (ОГИК) может осуществляться расчетным методом на основе измерения времени распространения τ акустического сигнала между ОИ и МГАС [5–12]

$$D = c\tau,$$

где c – скорость звука в воде.

Скорость звука c в точке постановки МГАС задается по результатам ее измерения штатными средствами обслуживающего судна (ОС).

Для измерения времени распространения акустического сигнала от объекта измерения до многофункциональной гидроакустической станции на ОИ и МГАС размещают взаимно засинхронизированные часы. Периодически в заранее оговоренные моменты времени t_i объект измерения передает в направлении МГАС акустический сигнал $S(t)$. Отсчет моментов передачи t_i осуществляется по часам ОИ.

Сигнал $S(t)$, распространяясь в пространстве, достигает точки нахождения станции. На МГАС осуществляется прием сигнала, фиксируется по часам станции момент обнаружения t_j этого сигнала. На основании информации о моментах передачи из ОИ сигнала, имеющейся на станции, осуществляется определение времени распространения Δt акустического сигнала между ОИ и многофункциональной гидроакустической станцией [13]:

$$\tau = t_i - t_j.$$

Полученное значение τ записывается в память МГАС и далее используется при обработке результатов измерения параметров ОИ.

1. ПОСТАНОВКА ЗАДАЧИ И РЕШЕНИЕ

Модуль СИД–ОИ предназначен для формирования и передачи по заданной программе измерительных акустических сигналов в направлении МГАС.

Модуль СИД–МГАС предназначен для приема измерительных сигналов, передаваемых из ОИ, фиксации по часам МГАС момента обнаружения измерительного сигнала, оценки времени распространения сигнала от ОИ до станции, передачи значения указанной оценки времени распространения в ЭВМ МГАС и ее дополнительной записи в запоминающее устройство.

Модуль СИД–К предназначен для сведения частот задающих генераторов модулей СИД–ОИ и СИД–МГАС, их привязки к шкале единого времени.

2. СТРУКТУРНАЯ СХЕМА АППАРАТУРЫ СИД

Структурная схема модуля СИД–МГАС

В соответствии с алгоритмом проведения измерений в оперативном гидроакустическом комплексе модуль СИД–МГАС кроме генератора секундных импульсов, привязанных к шкале единого времени, должен включать в свой состав приемник сигналов СИД, блок измерения времени распространения τ акустического сигнала от ОИ до МГАС, запоминающее устройство (ЗУ) для хранения данных измерений, устройство передачи данных измерений в ЭВМ МГАС.

Исходя из условий унификации составных частей разрабатываемой аппаратуры, целесообразно в качестве генератора секундных импульсов применить устройство сведения частот. Из тех же соображений в качестве приемника целесообразно применить приемопередатчик сигналов СИД [7]. Дополнительным доводом в пользу применения этого приемопередатчика является то, что в нем также реализован таймер, который может быть использован для измерения времени распространения τ акустического сигнала от ОИ до МГАС. Измерение времени распространения с помощью указанного таймера осуществляется с дискретностью 62,5 мкс. Результат измерения представляется двухбайтным числом.

Запоминающее устройство должно обеспечивать хранение данных, полученных за 72 ч измерений. При проведении измерений с периодичностью 1 с объем ЗУ V равен $V = 72 \cdot 3600 = 259\,200$ двухбайтных слов.

Это позволяет для построения ЗУ использовать стандартные блоки памяти с организацией $(256\text{ К} \times 16)$ бит. Результаты каждого измерения времени распространения τ акустического сигнала от ОИ до МГАС должны подаваться на обработку в ЭВМ МГАС в последовательном виде (интерфейс RS-232). В этой связи представляется целесообразным организовать запись результатов измерения в ЗУ также в последовательном виде.

Так как привязка секундных импульсов к шкале единого (эталонного) времени осуществляется непосредственно после завершения сведения, то целесообразно момент завершения операции сведения принять за начало сеанса измерения в модуле СИД–МГАС. Для повышения эффективности использования ЗУ целесообразно перед записью в память осуществить сжатие информации. Достаточно применить простейший метод, заключающийся в представлении последовательности полностью совпадающих измеренных значений времени распространения τ двумя словами: в первом передается само измеренное значение τ , а во втором слове – количество совпадающих значений в последовательности. Следует ожидать, что указанный метод сжатия будет обладать наибольшей эффективностью на этапе развертывания ОГИК, пока объект измерения не начнет передачу сигналов СИД.

Указанные соображения были приняты за основу при разработке структурной схемы модуля СИД–МГАС, представленной на рис. 1.

Модуль СИД–МГАС включает в свой состав пять устройств: устройство сведения частот А1, схему А2, приемопередатчик СИД А3, управляющий микроконтроллер А4 и запоминающее устройство А5.

Работа модуля СИД–МГАС всегда начинается с операции сведения частот [13].

К входам МВ С1 и RS–232 к МПК подключается аппаратура частотно-временной синхронизации МПК–23 [14]. После подачи на УСЧ А1 от кнопки Кн1 сигнала «Сведение» начинается сведение задающего генератора, светодиод VD1 выдает соответствующий сигнал.

По завершении операции сведения на выходе УСЧ формируется сигнал СЗ (сведение завершено), загорается светодиод VD2, а светодиод VD1 прекращает свое свечение. Из управляющего микроконтроллера А4 по последовательному каналу в МПК подается запрос, в ответ на который из МПК по последовательному каналу в управляющий микроконтроллер А поступает 13-байтный пакет данных, с помощью которых осуществляется привязка секундных импульсов, формируемых в УСЧ, к шкале единого времени. В пер-

вых четырех байтах пакета передается целое число, соответствующее количеству секунд, отсчитываемых от момента времени 00 ч 00 мин 00 с соответствующего числа, месяца и года. В пятом байте – дробная часть секунды, на которую положение метки времени 1 с, выдаваемой по внутренней шкале МРК, отличается от ее положения по абсолютной шкале, дробная часть измеряется в сотых долях секунды. В оставшихся восьми байтах – число с плавающей запятой удвоенной точности, соответствующее величине рассогласования между шкалами времени МРК и абсолютного времени.

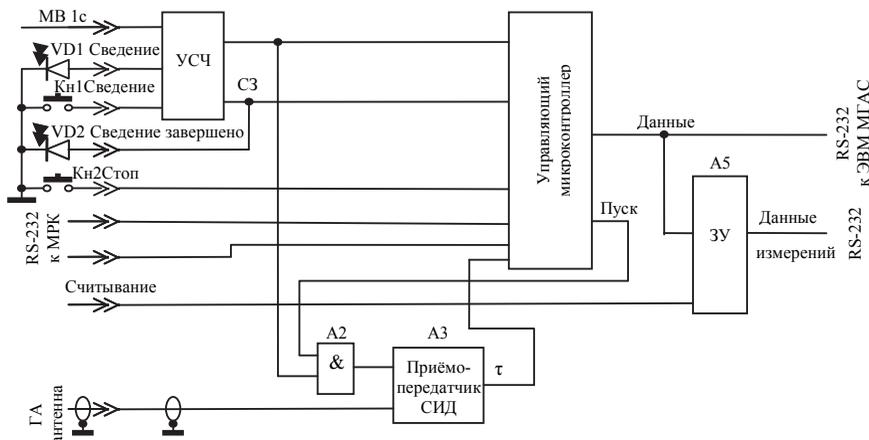


Рис. 1. Структурная схема модуля СИД–МГАС

Указанный 13-байтный пакет через управляющий микроконтроллер А4 по последовательному каналу подается в ЭВМ МГАС и запоминающее устройство А5. После этого модуль СИД–МГАС переходит в режим измерения: подается разрешение на схему А2, секундные импульсы с выхода УСЧ поступают на вход приемопередатчика СИД. По каждому из этих импульсов в приемопередатчике осуществляется прием сигнала СИД и измерение интервала времени между началом пришедшего секундного импульса и моментом обнаружения сигнала СИД.

Результат измерения с дискретностью 62,5 мкс в виде последовательного двухбайтного числа поступает в управляющий микроконтроллер А4. Формат указанного двухбайтного числа представлен на рис. 2. Если сигнал СИД приемопередатчиком не обнаруживается, то в микроконтроллер передается два байта, заполненных нулями.

В управляющем микроконтроллере А4 результат измерения обрабатывается, при необходимости происходит сжатие информации, и в виде последовательного двухбайтного числа подается в ЗУ А5 и одновременно в стандарте RS-232 – в ЭВМ МГАС.

Следует различать три рода данных, которые могут передаваться из микроконтроллера в ЗУ и в ЭВМ МГАС.

Первая ситуация. В ЗУ и в ЭВМ МГАС передаются результаты измерения. Из микроконтроллера подаются два байта, формат которых совпадает с форматом данных на выходе приемопередатчика СИД (рис. 2).

Вторая ситуация. Из микроконтроллера передаются данные в сжатом виде, с выхода микроконтроллера выдаются две пары байтов. В первой паре первый байт содержит в старшем (левом) разряде «1», остальные семь разрядов первого байта равны «0». Второй байт первой пары – целое двоичное число, на единицу меньшее количества сеансов в последовательности измерений, имеющих одинаковое значение. Во втором байте могут передаваться числа от 00000001 до 11111111. Первое число показывает, что два последовательных измерения времени задержки дали одинаковый результат. Число 11111111 показывает, что 256 выполненных подряд измерений дали одинаковый результат. Значение указанного времени задержки было передано в предыдущем цикле передачи из контроллера. Во второй паре байтов передается новое измеренное значение времени задержки, формат ее передачи описан выше и представлен на рис. 2.

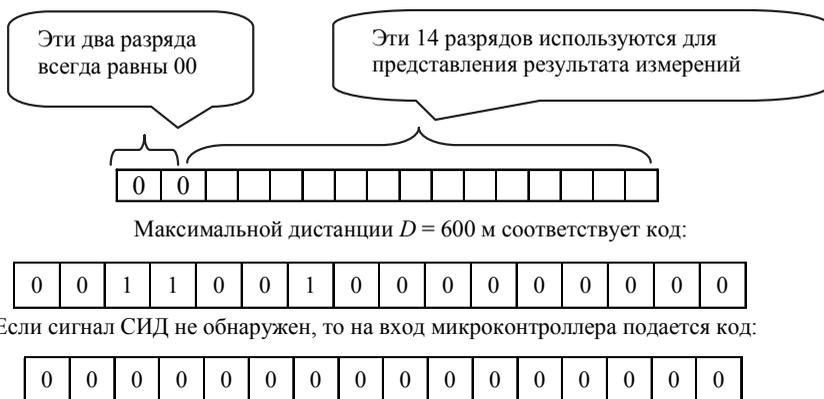


Рис. 2. Формат представления результата измерения временного интервала на выходе приемопередатчика СИД

Третья ситуация. Из МРК поступает 13-байтный пакет данных, с помощью которого осуществляется привязка секундных импульсов к шкале единого времени. Из него в управляющем микроконтроллере формируется 14-байтный пакет, в котором перед указанным выше 13-байтным пакетом данных из МРК передается служебный байт, содержащий во втором разряде «1». Структура указанного служебного байта приведена на рис. 3.

0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---

Рис. 3. Структура служебного байта, передаваемого перед 13-байтным блоком данных из МРК

Сформированный 14-байтный блок передается в ЭВМ МГАС и одновременно записывается в ЗУ А5. Представляется целесообразным осуществлять привязку секундных импульсов к шкале единого времени дважды за сеанс измерений: первый раз – по завершении операции сведения генератора, второй раз – по окончании сеанса измерений. Для этого следует на вход УСЧ модуля СИД–МГАС подключить МРК, от кнопки Кн2 подать сигнал «Стоп», по которому управляющий микроконтроллер А4 считывает из МРК 13-байтный пакет данных, с помощью которого осуществляется привязка секундных импульсов к шкале единого времени. Далее в управляющем микроконтроллере А4 формируется 14-байтный пакет, который подается в ЭВМ МГАС и записывается в ЗУ А5.

В аппаратуре предусмотрена возможность считывания информации из ЗУ А5 после окончания сеанса измерений. Запоминающее устройство реализовано на основе микросхем с энергонезависимой памятью. Поэтому считывание данных измерений может производиться как из ЗУ, находящегося в корпусе модуля СИД–МГАС, так и после извлечения ЗУ из корпуса модуля. Для считывания необходимо подключить на выход ЗУ через последовательный порт по стыку RS–232 внешнее устройство, на которое планируется произвести запись данных измерений, и подать на запоминающее устройство внешний сигнал «Считывание».

Данные из ЗУ считываются последовательно. Хранящиеся в ЗУ данные обрамлены 14-байтными блоками привязки к шкале единого времени: в начале находится 14-байтный блок привязки к шкале времени, и заканчивается массив данных измерений подобным 14-байтным блоком привязки к шкале единого времени.

Структурная схема модуля СИД–ОИ и модуля СИД–К

Модули СИД–ОИ и СИД–К предназначены для передачи измерительных гидроакустических сигналов в моменты времени, привязанные к шкале единого времени; должна быть обеспечена возможность передачи из них сигналов с периодичностью 1, 2 или 4 с.

Применение описанного выше принципа привязки секундных импульсов, основанного на записи из МРК в запоминающее устройство и последующем использовании для обработки результатов измерений 13-байтного блока данных, показывающего величину смещения внутренней шкалы МРК от шкалы единого времени, позволяет использовать для реализации модулей СИД–ОИ и СИД–К структурную схему, аналогичную структурной схеме модуля СИД–МГАС.

Структурная схема модулей СИД–ОИ и СИД–К, приведенная на рис. 4, в основном совпадает со структурной схемой модуля СИД–МГАС с учетом четырех основных отличий:

- приемопередатчик СИД в составе модулей СИД–ОИ и СИД–К работает в режиме передачи;
- в состав модулей введены двоичный счетчик А2, который вместе с коммутатором А4 в зависимости от внешнего управляющего сигнала «Период передачи» задает периодичность излучения в направлении МГАС сигналов СИД. Периодичность выдачи сигналов СИД в канал может устанавливаться равной 1, 2, 4 или 8 с;
- в целях обеспечения электробезопасности на время выполнения операции сведения частоты задающего генератора с помощью схемы А8 происходит блокировка усилителя мощности путем отключения внешнего управляющего сигнала «Передача»;
- запоминающее устройство А6 применяется для хранения вводимого из МРК 13-байтного пакета данных, с помощью которого осуществляется привязка секундных импульсов к шкале единого времени в начале и в конце сеанса измерений.

Работа модулей СИД–ОИ, СИД–К осуществляется следующим образом. Первоначально после включения питания должен быть снят внешний управляющий сигнал «Передача», происходит блокировка схемы А8 и, соответственно, в целях электробезопасности блокируется работа усилителя мощности на входе гидроакустической антенны.

Затем к модулю подключается аппаратура МРК–23 и по сигналу «Сведения» от кнопки Кн1 начинается сведение задающего генератора. Процедура сведения задающих генераторов модулей СИД–ОИ и СИД–К полностью сов-

падает с соответствующей процедурой сведения задающего генератора, описанной выше, при рассмотрении структурной схемы модуля СИД–МГАС.

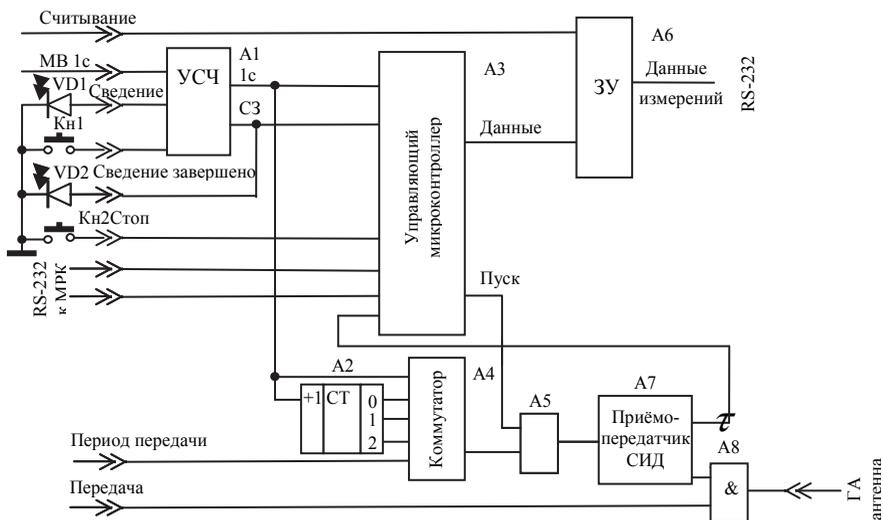


Рис. 4. Структурная схема модулей СИД–ОИ и СИД–К

После окончания операции сведения по сигналу «СЗ» (сведение завершено) с выхода УСЧ А1 осуществляется привязка секундных импульсов к шкале единого времени. Эта процедура полностью соответствует процедуре привязки секундных импульсов к шкале единого времени, выполняемой в модуле СИД–МГАС и описанной выше.

Из МРК по последовательному каналу считывается 13-байтный блок данных, показывающий величину смещения секундных импульсов от их положения по абсолютной шкале времени. Из считанного бока в управляющем микроконтроллере А3 формируется соответствующий 14-байтный пакет, который записывается в ЗУ А5. Одновременно на выходе управляющего микроконтроллера А3 формируется управляющий сигнал «Пуск».

После этого модуль переходит в режим измерения [15]. Управляющим сигналом «Пуск» с выхода управляющего микроконтроллера А3 подается разрешение на схему А5; на другой вход этой схемы с выхода коммутатора А5 подаются запускающие импульсы, которые могут следовать с периодом 1, 2, 4 или 8 с. Формирование запускающих импульсов осуществляется с помощью двоичного счетчика А4 и коммутатора А5 путем подачи на управляю-

ший вход последнего соответствующего внешнего управляющего сигнала «Период передачи».

Запускающие импульсы с выхода коммутатора А4 поступают на вход приемо-передатчика СИД А7. По каждому из этих импульсов в приемо-передатчике осуществляется формирование сигнала СИД; на выходе «т» приемо-передатчика СИД последовательность, состоящая из двух байтов, содержит логический «0». Подобный сигнал в модуле СИД–МГАС применялся для обозначения неприема сигнала СИД. Сигналы «т» с выхода приемо-передатчика СИД А7 поступают в управляющий микроконтроллер А3, где подвергаются сжатию и далее записываются в ЗУ А6.

Передача сигналов СИД в канал начинается после подачи на схему И А8 внешнего управляющего сигнала «Передача» [16], который разрешает прохождение сигналов СИД в усилитель мощности и далее его передачу в канал. В целях электробезопасности персонала рекомендуется начинать передачу сигналов СИД (подавать управляющий сигнал «Передача») после завершения процедуры сведения генераторов и выполнения всех подготовительных операций, связанных с подключением модуля к передающей гидроакустической антенне.

Организация записи в ЗУ А6 сигналов «т» позволяет осуществлять на этапе обработки данных измерений контроль правильности функционирования аппаратуры СИД, например, путем сравнения количества переданных модулями СИД–ОИ и СИД–К измерительных сигналов с количеством принятых сигналов СИД на МГАС.

Сеанс измерений должен завершаться так же, как и в модуле СИД–МГАС, осуществлением привязки секундных импульсов к шкале единого времени. Для этого необходимо предварительно заблокировать работу усилителя мощности (снять внешний сигнал «Передача»), затем подключить к модулю аппаратуру МРК, подать от кнопки Кн2 сигнал «Стоп», по которому в ЗУ А6 записывается блок данных, показывающий величину смещения секундных импульсов от их положения по шкале времени.

Так же как и в модуле СИД–МГАС, запоминающие устройства А6 модулей СИД–ОИ и СИД–К являются энергонезависимыми, поэтому их считывание может осуществляться как в составе модулей, так и после извлечения ЗУ из модулей.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Предложено в качестве образцового генератора применить отечественную аппаратуру частотно-временной синхронизации МРК–23. Применение аппаратуры МРК позволяет организовать привязку составных частей аппаратуры

СИД к шкале единого времени посредством записи в память в моменты начала и окончания сеанса измерения 13-байтных блоков данных, содержащих информацию о величине смещения внутренней временной шкалы МРК относительно абсолютной временной шкалы, и использовании этой информации на этапе обработки данных измерений.

Предложены структурные схемы, входящие в состав аппаратуры СИД, это унифицированные модули СИД–МГАС, СИД–ОИ, СИД–К. Для реализации указанных модулей рекомендовано использовать приемопередатчик сигналов СИД.

С целью повышения эффективности использования запоминающего устройства записываемые в него данные подвергаются сжатию.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Филиппов Б.И., Чернецкий Г.А.* Анализ статистических характеристик сигналов и помех в гидроакустических каналах связи // Вестник АГТУ. Серия: Управление, вычислительная техника и информатика. – 2015. – № 3. – С. 78–84.

2. Experimental estimation of delivery success of navigation data packages transmitted via digital hydroacoustic communication channel / K.G. Kekal, V.K. Kebkal, A.G. Kebkal, R. Petroccia // Gyroscopy Andnavigation. – 2016. – Vol. 7, N 4. – P. 343–352.

3. *Филиппов Б.И., Малахова Е.А.* Принципы построения систем гидроакустической связи // Вестник РГРТУ. – 2017. – № 4 (62). – С. 33–40.

4. *Филиппов Б.И.* Энергетический расчет гидроакустических линий связи // Вестник АГТУ. Серия: Управление, вычислительная техника и информатика. – 2016. – № 3. – С. 81–91.

5. *Филиппов Б.И.* Определение наклонной дальности между судном и донной станцией // Вестник РГРТУ. – 2016. – № 55. – С. 33–40.

6. *Филиппов Б.И.* Алгоритм функционирования системы измерения дистанции с использованием гидроакустического канала связи // Вестник АГТУ. Серия: Управление, вычислительная техника и информатика. – 2016. – № 4. – С. 87–98.

7. *Филиппов Б.И., Чернецкий Г.А.* Принципы аппаратурной реализации системы измерения дальности в гидроакустических каналах // Радиотехника. – 2017. – № 3. – С. 40–49.

8. Патент 2289149 Российская Федерация. Гидроакустическая синхронная дальномерная навигационная система дальнего действия / Б.А. Касаткин. – Заявл. 21.12.2004; опубл. 10.12.2006, Бюл. № 34.

9. Патент 2248586 Российская Федерация. Способ определения дистанции в гидроакустической сети / Г.И. Криволапов, Т.Г. Криволапов, А.Е. Малащенко. – Заявл. 01.07.2003; опубл. 20.03.2005, Бюл. № 8.
10. Патент 2313802 Российская Федерация. Способ измерения расстояния до контролируемого объекта / Б.А. Касаткин, С.Б. Касаткин. – Заявл. 14.08.2006; опубл. 27.12.2007, Бюл. № 36.
11. Патент 2313803 Российская Федерация. Способ измерения расстояния до контролируемого объекта / Б.А. Касаткин, С.Б. Касаткин. – Заявл. 16.08.06; опубл. 27.12.2007, Бюл. № 36.
12. *Филиппов Б.И., Емельянова И.А.* Метод измерения дистанции в гидроакустическом измерительном комплексе // Вестник ПГТУ. Серия: Радиотехнические и инфокоммуникационные системы. – 2017. – № 3 (35). – С. 6–19.
13. *Филиппов Б.И., Труш Т.Б.* Оценка погрешности измерения длительности распространения сигнала в гидроакустическом канале на основе привязки к шкале единого времени // Вестник РГРТУ. – 2017. – № 4 (62). – С. 41–50.
14. Аппаратура МРК-23: технические условия ТУ УЭ2.517.012.
15. *Филиппов Б.И., Чернецкий Г.А.* Выбор ансамбля сигналов для передачи команд управления в гидроакустических каналах связи // Известия ВолгГТУ. – 2015. – № 3 (161). – С. 69–72. – (Серия Электроника, измерительная техника, радиотехника и связь; вып. 11).
16. *Филиппов Б.И.* Протокол обмена сигналами в сети гидроакустических донных автономных станций // Известия ВолгГТУ. – 2015. – № 11 (176). – С. 104–111. – (Серия Электроника, измерительная техника, радиотехника и связь; вып. 12).

Филиппов Борис Иванович, доцент, кандидат технических наук, доцент кафедры защиты информации Новосибирского государственного технического университета. Основное направление научных исследований – радиотехника и связь, теория надежности сложных систем. Опубликовано 45 статей, два учебных пособия и монография. E-mail: filippov-boris@mail.ru

Кожяева Анна Олеговна, студент кафедры защиты информации Новосибирского государственного технического университета. E-mail: Anya.Kozhaeva@yandex.ru

Development of the structural scheme of the remote measurement equipment in the hydroacoustic channel*

B.I. Filippov¹, A.O. Kozhaeva²

¹ *Novosibirsk State Technical University, 20 K. Marx Prospekt, Novosibirsk, 630073, Russian Federation, associate professor, Candidate of Technical Sciences E-mail: filippov-boris@rambler.ru*

² *Novosibirsk State Technical University, 20 K. Marx Prospekt, Novosibirsk, 630073, Russian Federation, student of the information security department E-mail: Anya.Kozhaeva@yandex.ru*

The object of the study are the measuring systems the distance between objects separated by an aqueous medium. The purpose of the work is the development of the equipment for determining the time of propagation of acoustic signals between objects in water based on the binding of "clocks" installed on the objects to a common time scale. Determination of the distance D from a dimension object (DM) to the multifunctional hydroacoustic station (MHAS) as part of the operational hydroacoustic measuring complex (OHMC) can be performed using the calculation method based on the measurement of propagation time τ of the acoustic signal between the DO and the MHAS. To measure the propagation time of the acoustic signal from the DO to the MHAS, the mutually synchronized clock is placed at the DO and the MHAS. The transmission time t_i is counted according to the DO clock. The signal $S(t)$, distributing in space, reaches the station's location point. The MHAS receives the signal, the detection time t_j of this signal is fixed in accordance with the station's clock. The propagation time $\Delta\tau$ of the acoustic signal between the DO and the MHAS is determined by the station clock information about the transmission times from the DO to the MHAS. It is suggested to use Small Missile Ship – 23 (SMShip-23) the domestic equipment for time-frequency synchronization as a model generator. The use of SMShip equipment allows to refer the components of the LED equipment to the scale of the common time by recording the time of the start and the end of the measurement session by means of 13-byte data blocks, containing information about the offset magnitude of the internal time scale of the SMShip relatively to the absolute time scale, and the use of this information at the stage of processing the measurement data. Further on one can find the structural diagrams of the LED instrument components into the suggested includes modules of LED-MHAS, LED-DO, LED-K.

Keywords: hydroacoustic channel, range measurements system, transmission and reception of hydroacoustic signal, a dimension object (DO), the multifunctional hydroacoustic station (MHAS), the operational hydroacoustic measuring complex (OHMC), a common time scale, time-frequency synchronization

DOI: 10.17212/2307-6879-2017-4-33-48

* Received 06 October 2017.

REFERENCES

1. Filippov B.I., Cherneckiy G.A. Analiz statisticheskikh kharakteristik signalov i pomekh v gidroakusticheskikh kanalakh svyazi [Analysis of statistical characteristics of signals and noises in hydroacoustic communication channels]. *Vestnik Astrakhanskogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta. Seriya: Upravlenie, vychislitel'naya tekhnika i informatika – Vestnik of Astrakhan State Technical University. Series: Management, Computer Science and Informatics*, 2015, no. 3, pp. 78–84.
2. Kekal K.G., Kebkal V.K., Kebkal A.G., Petroccia R. Experimental estimation of delivery success of navigation data packages transmitted via digital hydroacoustic communication channel. *Gyroscopy and Navigation*, 2016, vol. 7, no. 4, pp. 343–352.
3. Filippov B.I., Malakhova E.A. Printsipy postroeniya sistem gidroakusticheskoi svyazi [Principles of hydroacoustic communication systems creation]. *Vestnik Ryazanskogo gosudarstvennogo radiotekhnicheskogo universiteta – Vestnik of Ryazan State Radio Engineering University*, 2017, no. 4 (62), pp. 33–40.
4. Filippov B.I. Energeticheskii raschet gidroakusticheskikh linii svyazi [Energy calculation of hydroacoustic communication lines]. *Vestnik Astrakhanskogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta. Seriya: Upravlenie, vychislitel'naya tekhnika i informatika – Vestnik of Astrakhan State Technical University. Series: Management, Computer Science and Informatics*, 2016, no. 3, pp. 81–91.
5. Filippov B.I. Opredelenie naklonnoi dal'nosti mezhdru sudnom i donnoi stantsiei [Determination of the inclined range between the vessel and the bottom station]. *Vestnik Ryazanskogo gosudarstvennogo radiotekhnicheskogo universiteta – Vestnik of Ryazan State Radio Engineering University*, 2016, no. 55, pp. 33–40.
6. Filippov B.I. Algoritm funktsionirovaniya sistemy izmereniya distantsii s ispol'zovaniem gidroakusticheskogo kanala svyazi [Algorithm for the functioning of a distance measuring system using a hydroacoustic communication channel]. *Vestnik Astrakhanskogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta. Seriya: Upravlenie, vychislitel'naya tekhnika i informatika – Vestnik of Astrakhan State Technical University. Series: Management, Computer Science and Informatics*, 2016, no. 4, pp. 87–98.
7. Filippov B.I., Chernetsky G.A. Printsipy apparaturnoi realizatsii sistemy izmereniya dal'nosti v gidroakusticheskikh kanalakh [Principles of hardware implementation measurement system range in the hydroacoustic channel]. *Radiotekhnika – Radioengineering*, 2017, no. 3, pp. 40–49.

8. Kasatkin B.A. *Gidroakusticheskaya sinkhronnaya dal'nomernaya navigatsionnaya sistema dal'nego deistviya* [Hydroacoustic synchronous long-range distance measuring navigation system]. Patent RF, no. 2289149, 2006.
9. Krivolapov G.I., Krivolapov T.G., Malashenko A.E. *Sposob opredeleniya distantsii v gidroakusticheskoi seti* [Method for determination of distance in hydroacoustic network]. Patent RF, no. 2248586, 2005.
10. Kasatkin B.A., Kasatkin S.B. *Sposob izmereniya rasstoyaniya do kontrolirovemogo ob"ekta* [Mode of measuring distance to a controlled object]. Patent RF, no. 2313802, 2007.
11. Kasatkin B.A., Kasatkin S.B. *Sposob izmereniya rasstoyaniya do kontrolirovemogo ob"ekta* [Mode of measuring distance to a controlled object]. Patent RF, no. 2313803, 2007.
12. Filippov B.I., Emel'yanova I.A. Metod izmereniya distantsii v gidroakusticheskom izmeritel'nom komplekse [Method for measuring the distance in a hydroacoustic measuring system]. *Vestnik Povolzhskogo gosudarstvennogo tekhnologicheskogo universiteta. Seriya: Radiotekhnicheskie i infokommunikatsionnye sistemy – Vestnik of Volga State University of Technology. Series: Radio Engineering and Infocommunication Systems*, 2017, no. 3 (35), pp. 6–19.
13. Filippov B.I., Trush T.B. Otsenka pogreshnosti izmereniya dlitel'nosti rasprostraneniya signala v gidroakusticheskom kanale na osnove privyazki k shkale edinogo vremeni [Method to measure signal distribution duration in hydroacoustic channel based on messages to single time scale]. *Vestnik Ryazanskogo gosudarstvennogo radiotekhnicheskogo universiteta – Vestnik of Ryazan State Radio Engineering University*, 2017, no. 4 (62), pp. 41–50.
14. *The equipment of MRK-23*. Technical conditions TU UE2.517.012 (In Russian).
15. Filippov B.I., Chernetsky G.A. Vybór ansamblya signalov dlya peredachi komand upravleniya v gidroakusticheskikh kanalakh svyazi [Choice of ensemble of signals for transfer of teams management in the hydroacoustic communication channels]. *Izvestiya Volgogradskogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta – Izvestia of Volgograd State Technical University*, 2015, no. 3 (161), pp. 69–72.
16. Filippov B.I. Protokol obmena signalami v seti gidroakusticheskikh donnykh avtonomnykh stantsii [The protocol of an exchange of signals in a network of hydroacoustic ground autonomous stations]. *Izvestiya Volgogradskogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta – Izvestia of Volgograd State Technical University*, 2015, no. 11 (176), pp. 104–111.

Для цитирования:

Филиппов Б.И., Кожяева А.О. Разработка структурной схемы аппаратуры измерения дистанции в гидроакустическом канале // Сборник научных трудов НГТУ. – 2017. – № 4 (90). – С. 33–48.

For citation:

Filippov B.I., Kozhaeva A.O. Razrabotka strukturnoi skhemy apparatury izmereniya distantsii v gidroakusticheskom kanale [Development of the structural scheme of the remote measurement equipment in the hydroacoustic channel]. *Sbornik nauchnykh trudov Novosibirskogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta – Transaction of scientific papers of the Novosibirsk state technical university*, 2017, no. 4 (90), pp. 33–48.