

Приведенные результаты расчетов иллюстрируют возможность построения достаточно эффективного гидроакустического преобразователя с полосой пропускания более трех октав, линейной ФЧХ и выраженной асимметрией излучения. Во второй части статьи будет рассмотрена возможность дополнительного расширения рабочего диапазона частот преобразователя волноводного типа и его работа в импульсном режиме.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Степанов Б. Г. Широкополосный преобразователь волноводного типа // Изв. СПбГЭТУ «ЛЭТИ». 2008. Вып. 8. С. 39–50.
2. Степанов Б. Г. О возможности дополнительного расширения полосы рабочих частот широкополосных преобразователей волноводного типа // Изв. СПбГЭТУ «ЛЭТИ». 2011. Вып. 4. С. 58–64.
3. Свердлин Г. М. Прикладная гидроакустика. Л.: Судостроение, 1990. 320 с.
4. Смаришев М. Д., Добровольский Ю. Ю. Гидроакустические антенны. Л.: Судостроение, 1984. 304 с.
5. Степанов Б. Г., Теплякова А. В. Об излучении водозаполненного пьезоцилиндра через торцевые апертуры в волновод // Изв. СПбГЭТУ «ЛЭТИ». 2011. Вып. 9. С. 89–95.

B. G. Stepanov

THE SUPERWIDEBAND HYDROACOUSTIC TRANSDUCER OF WAVEGUIDE TYPE. A SYNTHESIS PROBLEM

Work of the hydroacoustic transducer of waveguide type containing a coaxial set of the water filled piezocylinders, excited by the principle of "running wave", and radiating through apertures extreme piezocylinders is considered. Possibility of expanding the bandwidth of the transducer to 3.5 octaves is shown at maintenance of the expressed asymmetry of radiation.

Wideband response, hydroacoustic transducer, guide, synthesis of the frequency characteristics

УДК. 621.396

*А. М. Иванов, А. В. Немов, Д. А. Немов,
Д. Ю. Тюфтяков, М. А. Чистов*

АППАРАТНО-ПРОГРАММНЫЙ КОМПЛЕКС ДЛЯ ПРЕЦИЗИОННЫХ ИЗМЕРЕНИЙ НА МОРЕ

Создан опытный образец уникального аппаратно-программного комплекса для прецизионных измерений координат и вектора скорости в морских условиях. В изделии впервые сочетается применение радионавигационных и связанных спутниковых технологий с Интернет-технологиями. Комплекс может использоваться как для навигации, так и в метрологических целях. Гарантируется погрешность измерения абсолютных координат в режиме постобработки не более 10 см и миллиметровая точность измерения относительных координат в режиме кинематики реального времени.

Морская спутниковая геотроника, аппаратно-программный комплекс, материковый шельф, уникальность

Освоение морского шельфа, как и экономически значимых удаленных океанских территорий, в настоящее время не возможно без развития средств морской геотроники [1]. Современной многообещающей тенденцией является построение геодезических и иных приборов для высокоточного измерения координат и скорости в морских условиях на основе спутниковых радионавигационных систем (СНС).

Описываемый в настоящей статье аппаратно-программный комплекс (АПК) является одним из первых отечественных опытных образцов сложной морской спутниковой геотроники. Комплекс предназначен для обеспечения высокоточного контроля смещения

платформы относительно первоначального или желаемого положения в системе мониторинга окружающей обстановки на морском шельфе с использованием данных космических навигационных систем ГЛОНАСС и GPS. АПК может быть применен в жестких условиях эксплуатации на плавучих буровых, разведочных и добычных платформах, трубопроводных укладчиках и других подобных объектах [2].

АПК должен обеспечивать прием, хранение и обработку информации, поступающей от спутниковой навигационной системы ГЛОНАСС/GPS, спутникового морского терминала связи «Инмарсат», а также дополнительной информации от бортового управляющего комплекса (БУК). В качестве такой информации могут использоваться данные о пространственной ориентации платформы, о положении ее центра масс.

Использование АПК дает возможность:

- обеспечить автоматический контроль смещения платформы относительно первоначального положения за счет высокоточного определения относительных координат платформы аппаратурой геодезического класса;
- повысить качество выполнения расчетов движения и прогнозирования траектории платформы с целью увеличения экономической эффективности использования платформы, предупреждения техногенных и экологических катастроф.

Структура и технические характеристики АПК. Аппаратно-программный комплекс состоит из бортовой аппаратуры (объектовый комплект) и технологической аппаратуры, размещаемой на берегу для информационной поддержки объектовой части (береговой комплект). Связь между комплектами АПК, а также со всемирной сетью геодезических станций осуществляется посредством выхода в Интернет с помощью терминалов спутниковой связи «Инмарсат».

В состав АПК входят:

- технические средства на основе навигационной аппаратуры потребителей геодезического класса (СГА) ГЛОНАСС/GPS – для автоматического высокоточного определения составляющих относительных координат и скорости объекта-носителя аппаратуры;
- спутниковая система измерения ориентации, предназначенная для формирования данных об углах бортовой и килевой качки, курсе, вертикальной скорости;
- высокопроизводительное вычислительное средство на основе защищенной ПЭВМ;
- морские терминалы спутниковой связи для обеспечения обмена информацией с береговым комплектом АПК и приема данных от всемирной сети геодезических станций;
- сертифицированные для работы в морских условиях источники электропитания;
- программное обеспечение (ПО), предназначенное для синхронизированного сбора данных из составных частей АПК и обмена информацией между объектовой частью АПК и БУК; ПО для обеспечения работы сервера и обмена информацией между СГА объектового и берегового комплектов; ПО для постобработки данных СГА; ПО для обеспечения работы СГА в режиме кинематики в реальном времени и др.

Структурная схема объектового и берегового комплектов АПК представлена на рис. 1.

Основные технические характеристики АПК:

- 1 СКО определения местоположения (относительных координат) платформы: 10 см (не более);

- временной интервал обновления и выдачи по интерфейсу обсервованных данных внешним потребителям и в БУК от 0.1 до 1 с по выбору оператора;
- 1 СКО измерения скорости 0.5 см/с (не более);
- заданные нормы обеспечиваются при максимальном расстоянии между объектом и береговой чертой 1500 км, качке антенн АПК, установленных на объекте, с амплитудой 5° и периодом 5 с (не более).

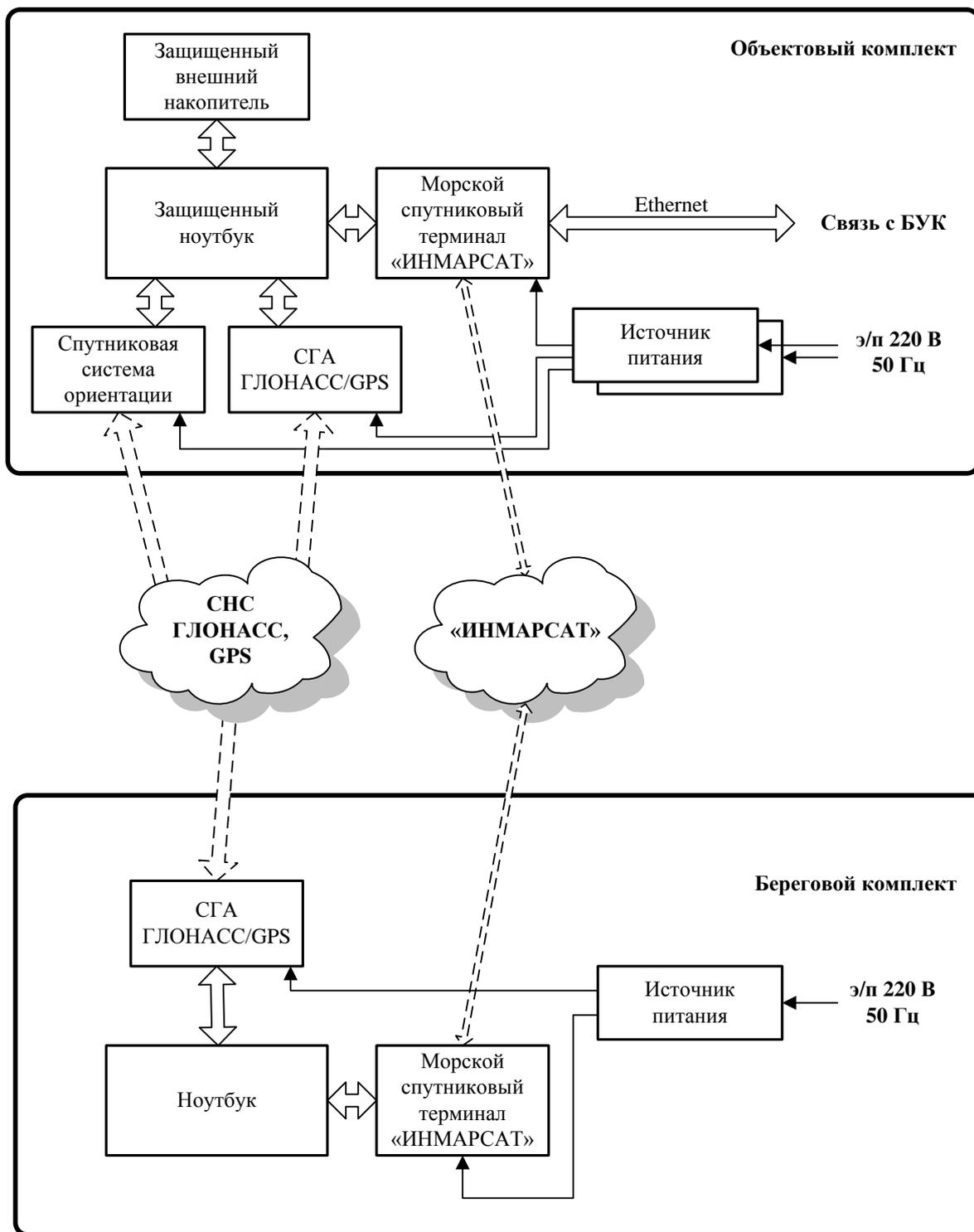


Рис. 1

Состав аппаратуры, входящей в АПК, приведен в табл. 1. Основу аппаратуры составляет СГА производства ОАО «РИРВ» [3], [4], как одной из лучших в классе.

Таблица 1

№ п/п	Наименование	Комплектация	Кол-во, шт.
<i>Объектовый комплект</i>			
1	СГА ГЛОНАСС/GPS	Аппаратура «Изыскание» ТСЮИ.461531.018 в комплекте производства ОАО «РИРВ» (г. Санкт-Петербург) или аналогичная	1
2	Спутниковая система ориентации (спутниковый компас)	Furuno SC-110	1
3	Защищенный ноутбук	Getac M230N-5	1
4	Защищенный внешний накопитель	Transcend StoreJet 25M 640Гб	1
5	Морской спутниковый терминал связи «Инмарсат»	FleetBroadband Sailor 250	1
6	Источники питания, сертифицированные для использования в морских условиях	12V-10 (20)A PS-103	2
<i>Береговой комплект</i>			
1	СГА ГЛОНАСС/GPS	Станция «ГККС» ТСЮИ.461531.016 в комплекте производства ОАО «РИРВ» или аналогичная	1
2	Морской спутниковый терминал связи «Инмарсат»	FleetBroadband Sailor 250	1
3	Ноутбук	ASUS U41JF	1
4	Источник питания	12V-20A PS-103	1

Программное обеспечение АПК. Значительная часть функциональности АПК обеспечивается специализированным программным обеспечением, входящим в комплект поставки СГА или используемым совместно с ним.

Разработанное для АПК ПО АПМ СНС [5] предназначено для синхронизированного сбора данных из составных частей АПК и обмена информацией между объектовой частью АПК и БУК.

Программное обеспечение СГА позволяет решать основные задачи апостериорной обработки как статических, так и динамических наблюдений, обеспечивает решение задач реального времени и взаимодействия с оператором СГА.

В комплекте с геодезической аппаратурой ОАО «РИРВ» поставляется необходимое программное обеспечение [6], [7]: «BL-Geo for Windows» для решения задач постобработки, «GeoRTK» – для управления аппаратурой и решения задач реального времени и др.

Пакет программ «BL-Geo» ориентирован на обработку измерений как собственных, так и сторонних одно- и двухчастотных геодезических приемников ГЛОНАСС/GPS и GPS. Пакет позволяет обрабатывать измерения, полученные в режимах съемки «Статика», «Быстрая Статика», «Истинная Кинематика» (с инициализацией), «Кинематика-На-Лету» (без инициализации), «Стой/Иди» (Stop-and-Go) и «Реокупация».

Алгоритмы разрешения фазовой неоднозначности измерений позволяют получить высокоточные определения положений пунктов на базисах длиной до 100 км и более, в том числе с использованием точных эфемерид SP3.

Наряду со стандартными возможностями постобработки предусмотрен набор средств и для решения задач в неблагоприятных условиях.

Утилиты уравнивания и перевычисления координат позволяют произвести решение типовых задач уравнивания сети и получения местных координат и высот пунктов.

Базы данных создаваемых проектов основаны на использовании стандартных таблиц Paradox и полностью открыты. В результате ПО может дополняться новыми утилитами самим пользователем.

Настройка приемника, ввод сценариев работы, а также выгрузка накопленных измерений осуществляется камерально при помощи интерфейсного ПО «GeoRTK». Кроме решения камеральных задач, при установке на ноутбук или планшетный компьютер данное ПО обеспечивает и работу в реальном времени, также поддерживая режимы RTK со статической одночастотной и динамической двухчастотной инициализацией.

Поставляемое в комплекте с СГА ПО NTrig-сервера и NTrig-клиента подверглось доработке для обеспечения взаимодействия СГА «Изыскание» и ГККС с терминалами спутниковой связи «Инмарсат» и выхода в Интернет.

Полный перечень функционального ПО АПК и его назначение приведены в табл. 2.

Таблица 2

№ п/п	Наименование	Назначение
1	GeoRTK	Интерфейсная программа СГА «Изыскание», предназначена для подготовки приемников геодезического класса к проведению различных видов съемки (RTK, СТАТИКА, СТОЙ-ИДИ, КИНЕМАТИКА, КИНЕМАТИКА-НА-ЛЕТУ), управления приемником во время съемки, а также импорта в персональный компьютер (ПК) зарегистрированной приемниками информации, с формированием в ПК файлов, используемых в дальнейшем пакетом программ постобработки спутниковых измерений «BL-Geo»
2	BSSer	Программа NTrig-сервер, предназначенная для формирования NTrig-сообщений из входящего потока сообщений с дифференциальными данными от контрольно-корректирующей станции в формате RTCM и выдачи NTrig-сообщений в сеть Интернет
3	CorRec	Программа NTrig-клиент, предназначенная для приема из сети Интернет NTrig-сообщений от выбранного NTrig-сервера, преобразования принятых сообщений в формат RTCM и их выдачи в приемник геодезического класса
4	BL-Geo	Программа постобработки одно- и двухчастотных данных приемников геодезического класса, 32-разрядное приложение Windows
5	APM SNS	Программа предназначена для сбора NMEA-сообщений от СГА «Изыскание» и ССО, индикации принимаемых данных и формирования UDP-пакетов для передачи в БУК
6	G-CRS-IP	Программа предназначена для выгрузки из памяти СГА «ГККС» зарегистрированных данных
7	com0com	Программа для создания пары виртуальных COM-портов на ПК с операционной системой Windows с целью обеспечения взаимодействия ПО GeoRTK и ПО APM SNS

Режим работы аппаратуры реального времени (RTK). Режим RTK, т. е. режим работы в кинематике в реальном времени – «Real Time Kinematic» является основным в АПК, поскольку именно этот режим используется при необходимости получения высокоточных координатных определений непосредственно на объекте наблюдения в реальном времени или близко к нему.

RTK-аппаратура по качеству может быть разбита на два основных класса: 1) СГА, обладающая точностью порядка метра–единиц дециметров (для решения задач ГИС-съепок [1]); 2) аппаратура сантиметровой точности (для решения собственно геодезических задач или задач аналогичного уровня точности). Задачи первого класса могут решаться при помощи передачи стандартных дифференциальных поправок (кадры RTCM типа 1–9 [1]) или специальных форматов данных. Фазовые измерения используются при этом для реализации различных алгоритмов сглаживания дифференциальных поправок из контрольно-корректирующей станции (СГА «ГККС») и измерений псевдодальности в мобильном приемнике, а также для «плавающего», т. е. приближенного, разрешения многозначности в двойных разностях фаз.

Выход на точности абсолютных координатных определений порядка десятка сантиметров, требуемые для решения прецизионных по точности задач (например, привязка буровой платформы), может быть обеспечен только путем совместной обработки фазовых измерений с двух пунктов с использованием разрешения фазовой многозначности в целых числах. При этом измерения СГА «ГККС» или сети базовых станций RTK (Network RTK) транслируются в сеть Интернет и могут приниматься мобильным RTK-приемником в зоне действия терминалов «Инмарсат» для совместной обработки и получения координатного определения. Такой режим и обеспечивает АПК, что выгодно отличает комплекс от известных технических решений. Преимущество в большой площади покрытия на море и суше, высокая точность и стабильность в работе.

Методы, применяемые для решения навигационных задач в режиме RTK, имеют ряд отличий от методов постпроцессорной обработки. Самой ответственной является процедура разрешения неоднозначностей измерений в двойных разностях фаз. Наиболее распространен на практике LAMBDA-метод [1] и различные его модификации. Возможны и иные подходы к разрешению неоднозначности, основанные на редуцировании пространства состояния вектора неоднозначности [8].

Если координаты наблюдаемого объекта меняются в процессе проведения измерений, для оценивания параметров траектории используются вычислительные схемы фильтров Калмана при наблюдении вторых разностей фазовых и дальномерных измерений с последующим анализом рекуррентно оцениваемой матрицы ковариаций.

Для построения опорной траектории можно также учитывать сглаженные дальномерные измерения или фазовые измерения с условно фиксированным (так называемым плавающим) разрешением многозначности. Простейший способ для этого – анализ разностей однозначных кодовых дальномерных измерений и неоднозначных фазовых на выбранном тестовом интервале. После условного разрешения фазовой неоднозначности полученные фазовые измерения используются для построения гладкой опорной траектории. Реальная траектория будет отличаться от опорной постоянным смещением в пространстве фаз и медленно меняющимся (ввиду изменения геометрии спутников) смещением в пространстве координат. Величина смещения определяется, в основном, остаточными погрешностями многолучевости в исходных дальномерных измерениях, так как шумовые погрешности псевдодальности сглаживаются и мало влияют на качество построения опорной траектории.

Определение набора на кандидаты в фазовые неоднозначности непосредственно из наблюдений \mathbf{y} , использующих комбинации измерений фазы и псевдодальностей, осуществляется на основе комбинации двойных разностей фаз Φ_{AB}^{ij} и псевдодальностей \mathbf{D}_{AB}^{ij} , полученных по одновременным измерениям приемниками A и B сигналов, переданных спутниками i и j , что можно записать уравнением вида $\Phi_{AB}^{ij}(t) - \mathbf{D}_{AB}^{ij}(t) = \lambda \mathbf{N}_{AB}^{ij} + \text{остаточные смещения} + \text{ошибки}$, где λ – длина волны несущей; \mathbf{N}_{AB}^{ij} – двойные разности фазовых неоднозначностей.

Начальные решения для вектора $d\mathbf{R}$ поправок в координаты определяемого пункта и вектора целых чисел \mathbf{N} обеспечиваются в плавающем решении в виде вещественных величин и информации ковариационной матрицы. Плавающее решение = $\begin{bmatrix} d\hat{\mathbf{R}} \\ \hat{\mathbf{N}} \end{bmatrix}$,

$\text{Cov} \begin{bmatrix} d\hat{\mathbf{R}} \\ \hat{\mathbf{N}} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \mathbf{K}_{d\hat{\mathbf{R}}} & \mathbf{K}_{d\hat{\mathbf{R}},\hat{\mathbf{N}}} \\ \mathbf{K}_{d\hat{\mathbf{R}},\hat{\mathbf{N}}} & \mathbf{K}_{\hat{\mathbf{N}}} \end{bmatrix}$, где $d\hat{\mathbf{R}}$ и $\hat{\mathbf{N}}$ – вещественные решения; $\mathbf{K}_{d\hat{\mathbf{R}}}$ и $\mathbf{K}_{\hat{\mathbf{N}}}$ – соответствующие ковариационные матрицы, а матрица $\mathbf{K}_{d\hat{\mathbf{R}},\hat{\mathbf{N}}}$ представляет кросс-корреляцию между ними.

Далее вектор целых неоднозначностей дается минимумом квадратичной формы:

$$C_{\mathbf{P}}(d\mathbf{R}, \mathbf{N}) = \|\mathbf{y} - \mathbf{A} \cdot d\mathbf{R} - \mathbf{B}\mathbf{N}\|_{\mathbf{P}}^2 = -(\mathbf{y} - \mathbf{A} \cdot d\mathbf{R} - \mathbf{B}\mathbf{N})^T \mathbf{P} (\mathbf{y} - \mathbf{A} \cdot d\mathbf{R} - \mathbf{B}\mathbf{N}),$$

где \mathbf{A} – матрица разностей направляющих для соответствующих спутников; \mathbf{B} – матрица результатов измерений приемником (псевдодальность или фаза несущей); \mathbf{P} – обратная ковариационная матрица шума (для придания невязкам соответствующих весов).

При невозможности определения вектора неоднозначностей \mathbf{N} в целых числах (обычно по причине наличия значительных, на уровне десятых долей фазового цикла и более, систематических или медленных погрешностей в двойных разностях) для коррекции фазовых измерений может использоваться его оценка в дробных числах – «плавающее решение». Точность оценивания траектории при этом определяется в основном качеством кодовых измерений, являющихся источником плавающей оценки, и при удалении не более 100 км от ГККС находится обычно в пределах нескольких десятых метра. При небольших удалениях от ГККС и принятии эффективных мер против многолучевого приема сигналов может быть достигнута точность на уровне 0.3...0.2 м и даже лучше. Реальная координатная погрешность может быть оценена при наличии избыточных измерений анализом невязок по рассчитанным траекториям.

При необходимости достижения точностей на уровне десятка сантиметров после получения матрицы ковариаций и дисперсии единичного веса переходят непосредственно к разрешению фазовой неоднозначности.

При поиске решения в пространстве фаз разрешение неоднозначности «на лету» практически производится теми же методами, что и в неподвижной точке, основное отличие заключается в величине зоны поиска решения, которая существенно шире.

Движение информации в АПК. Информация необходимая для работы АПК:

- углы отклонения носителя относительно вертикали в продольной и поперечной плоскостях;
- действительные значения относительных координат носителя;
- служебная информация от СНС для последующих расчетов;
- значения параметров установки антенн СГА, антенны системы измерения ориентации;
- время T .

Информация от СГА «Изыскание» (объектовый комплект), СГА «ГККС» (береговой комплект) или всемирной сети геодезических станций, от системы измерения ориентации, а также БУК в режиме реального времени заводится в защищенный компьютер АПК. С использованием программного обеспечения СГА рассчитываются значения относительных координат антенны СГА «Изыскание», расположенного на морском носителе. Данная информация, наряду с данными БУК и системы ориентации, используется в БУК для проведения пересчета оценок координат на заданную точку носителя и вычисления местоположения заданной точки носителя. При этом решается задача оценки точностных характеристик работы АПК в заданных условиях эксплуатации. Обобщенный алгоритм работы АПК показан на рис. 2.

Достижимая точность измерения координат в АПК. На испытательном полигоне в Карельском филиале ОАО «Концерн "Океанприбор"» был поставлен натурный эксперимент по определению СКО оценивания координат в режиме RTK в условиях, имитирующих размещение объектовой части АПК на небольших удалениях от береговой линии (до 40 км) и значительных удалениях (до 1500 км).

Методика проведения испытаний состояла в следующем:

1. На аппаратуре «Изыскание» с интервалом 6 сут были проведены два сеанса регистрации данных, охватывающие гринвичские сутки, с темпом регистрации 1 раз в 30 с. В ПО «VL-Geo» выполнена обработка зарегистрированных на аппаратуре «Изыскание» данных и информации от геодезической базовой станции SVTL (находящейся в п. Светлое) за два сеанса совместно. Получены эталонные координаты (X_0, Y_0) удаленной точки (координаты антенны СГА «Изыскание»).

2. Проведена обработка шести базовых линий с удаленными на расстояния до 1500 км зарубежными базовыми геодезическими станциями (BORJ, BUTE, POUS). По каждой линии получены координаты антенны СГА «Изыскание». Для каждого из шести значений рассчитана ошибка определения плановых координат ($\delta X_{STS j}, \delta Y_{STS j}$) по отношению к эталонным

$$(X_0, Y_0), \delta X_{STS j} = X_0 - X_{STS j}, \delta Y_{STS j} = Y_0 - Y_{STS j}, \delta P_{STS j} = \sqrt{\delta X_{STS j}^2 + \delta Y_{STS j}^2}.$$

3. Рассчитано СКО статических измерений: $\delta P_{STS} = \sqrt{\frac{1}{6} \sum_{j=1}^6 \delta P_{STS j}^2} = 0.093780586$ м.

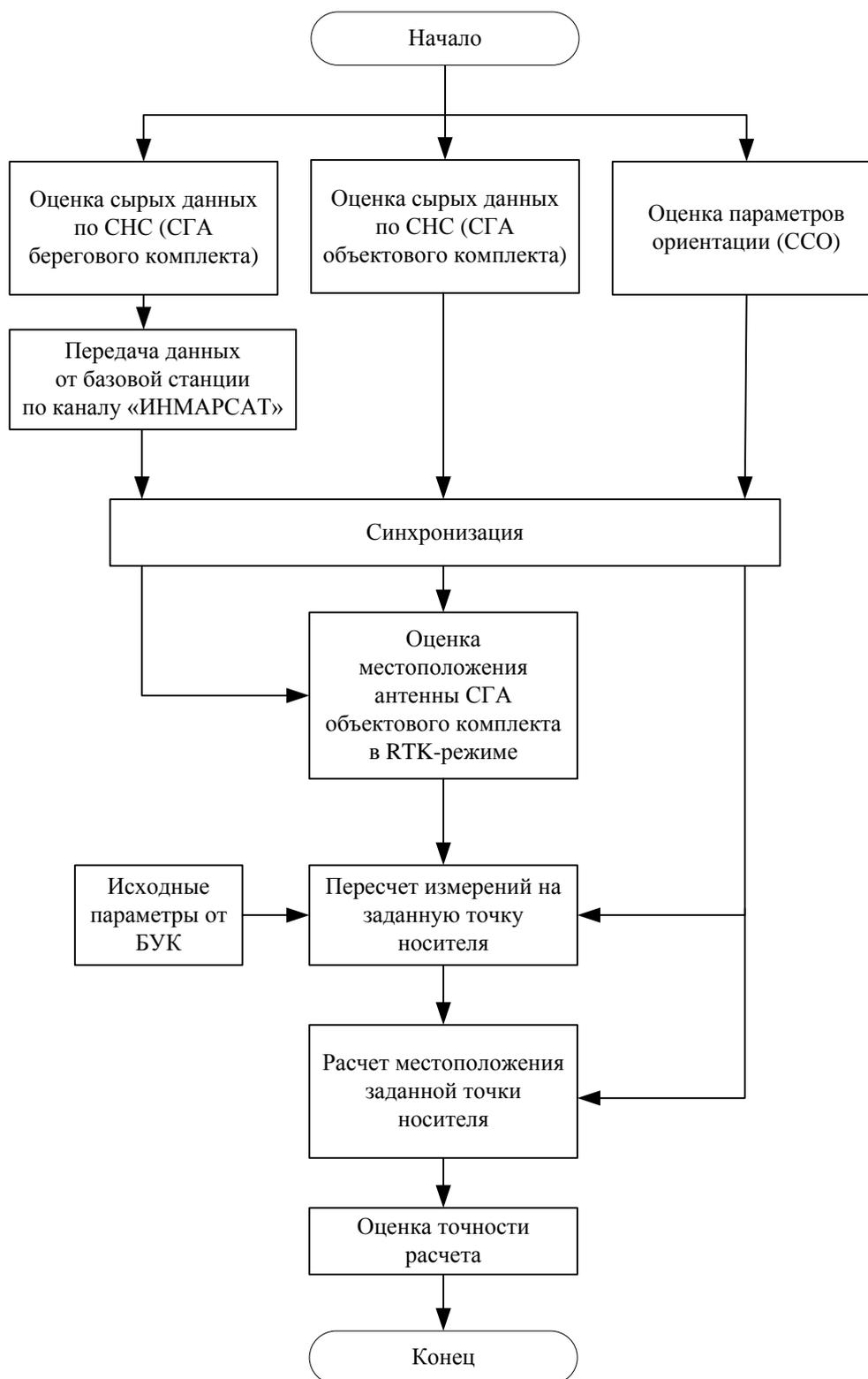


Рис. 2

4. Осуществлена геодезическая привязка антенны СГА «ГККС», в ПО «VL-Geo» введены ее координаты. Настроена выдача дифференциальных поправок из СГА «ГККС» через терминал «Инмарсат» берегового комплекта. Настроен прием дифференциальных поправок в аппаратуре «Изыскание» объектового комплекта через терминал «Инмарсат».

5. В аппаратуре «Изыскание» установлен темп регистрации данных 1 раз в секунду в режимах «СТАТИКА» и «КИНЕМАТИКА», включен режим «СТАТИКА». Запущена регистрация данных. По истечении 10 мин аппаратура «Изыскание» переведена в режим работы «КИНЕМАТИКА». По истечении 10 мин регистрация данных остановлена.

6. Проведена обработка данных в режиме фазовых измерений с разрешением многозначности, получена траектория фазового центра антенны аппаратуры «Изыскание» в ее табличном представлении. Для каждой точки траектории рассчитана ошибка определения плановых координат $(\delta X_{KIN j}, \delta Y_{KIN j})$ по отношению к эталонным (X_0, Y_0) ,

$$\delta X_{KIN j} = X_0 - X_{KIN j}, \delta Y_{KIN j} = Y_0 - Y_{KIN j}, \delta P_{KIN j} = \sqrt{\delta X_{KIN j}^2 + \delta Y_{KIN j}^2}.$$

7. Рассчитано СКО кинематических измерений (определения местоположения объекта на неподвижном основании): $\delta P_{KIN} = \sqrt{\frac{1}{N} \sum_{j=1}^N \delta P_{KIN j}^2}$, где N – количество точек в траектории; $\delta P_{KIN} = 0.005158889$ м.

8. Суммарная погрешность статических и кинематических определений оценивается по формуле $\delta P_{\Sigma} = \sqrt{\delta P_{STS}^2 + \delta P_{KIN}^2}$, где δP_{STS} – погрешность статических измерений (погрешность определения местоположения неподвижного объекта на удалениях до 1500 км), δP_{KIN} – погрешность кинематических измерений при работе на неподвижном основании:

$$\delta P_{\Sigma} = \sqrt{0.093780586^2 + 0.005158889^2} = 0.093922375 \approx 0.094 \text{ м.}$$

Полученные результаты измерений СКО сведены в табл. 3.

Таблица 3

Режим измерения координат	Значение СКО, м
Измерение абсолютных координат в режиме «СТАТИКА» с большой базой, сеанс № 1	0.1149
Измерение абсолютных координат в режиме «СТАТИКА» с большой базой, сеанс № 2	0.0504
Результирующее СКО абсолютных координат в режиме «СТАТИКА»	0.0938
Измерение относительных координат в режиме «КИНЕМАТИКА С ИНИЦИАЛИЗАЦИЕЙ»	0.0052
Результирующее СКО измерения абсолютных координат	0.0939

На основании изложенного можно сделать следующие выводы. Опытный образец АПК является уникальным аппаратно-программным комплексом для прецизионных измерений координат, а также вектора скорости на море. Прием/передача данных через точки доступа в Интернет, обеспечиваемые спутниковыми морскими терминалами связи «Ин-марсат», наряду с использованием для измерений координат отечественной 2-частотной спутниковой аппаратуры геодезического класса обеспечивают высокую точность измерений при широкой зоне охвата на море.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Антонович К. М. Использование спутниковых радионавигационных систем в геодезии. Т. 1–2. М.: ФГУП «Картгеоцентр», 2005. 694 с.

2. СП 11-114–2004. Инженерные изыскания на континентальном шельфе для строительства морских нефтегазопромысловых сооружений / Госстрой России. М.: Производственный и науч.-исследовательский ин-т по инженерным изысканиям в строительстве (ФГУП «ПНИИИС») Госстроя России, 2004.
3. ТУ. Аппаратура «Изыскание» ТСЮИ.461531.020. СПб.: ОАО «РИРВ», 2003.
4. ТУ. Аппаратура «ГККС» ТСЮИ.461531.016. СПб.: ОАО «РИРВ», 2003.
5. Немов А. В., Немов Д. А., Соколов А. А. Специальное программное обеспечение аппаратно-программного модуля спутниковых навигационных систем (СПО АПМ СНС) / Свид. о гос. регистрации программы для ЭВМ № 2012616531. Зарегистрировано в реестре программ для ЭВМ 19.07.2012.
6. BL-Geo for Windows. Постобработка спутниковых измерений. Руководство пользователя. СПб.: ОАО «РИРВ», 2003.
7. Geo-RTK. Руководство пользователя. СПб.: ОАО «РИРВ», 2003.
8. Казаринов Ю. М., Немов А. В., Никехин А. А. Измерение ориентации динамичных платформ по спутниковым радионавигационным системам 2-го поколения//Оборонная техника. 1998. № 6, 7. С. 31–35.

A. M. Ivanov, M. A. Chistov, A. V. Nemov, D. A. Nemov, D. Y. Tyufiyakov

THE HARDWARE-SOFTWARE APPARATUS FOR MARINE PRECISION INSTRUMENTATION

The prototype model of a unique hardware-software apparatus for afloat coordinates and velocity estimation is produced. High technologies of global satellite navigation, satellite communications and Internet are put into practice contemporaneously for the first time. The describable complex can be used both for navigation and metrological purpose. Absolute coordinates post-processing measurement accuracy of about 10 centimeters and relative coordinates measurement millimetric accuracy in the real-time kinematic mode are guaranteed.

Marine satellite geotronics, hardware-software apparatus, continental shelf, uniqueness

УДК 620.179

П. В. Пашков, Г. А. Петров, Т. В. Самойлова

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТИ СИСТЕМЫ КОНТРОЛЯ КАЧЕСТВА МНОГОСЛОЙНЫХ КЕРАМИЧЕСКИХ КОНДЕНСАТОРОВ ПОВЕРХНОСТНОГО МОНТАЖА С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ЭЛЕКТРОМАГНИТНО- АКУСТИЧЕСКИХ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЕЙ

Надежность является одним из основных показателей, характеризующих качество MLCC-конденсаторов. Наличие технологических дефектов в исходных материалах, возникновение дефектов при сборке и монтаже элементов с различными физическими, химическими и механическими характеристиками приводят к снижению надежности компонентов и ухудшению их технических характеристик. Разрабатываемые системы контроля должны обеспечивать необходимую производительность контроля. Авторами предложена методика контроля, основанная на использовании электромагнитно-акустических преобразователей. Описано исследование, целью которого является определение возможной производительности будущей системы, построенной с применением предложенной методики.

MLCC, керамические конденсаторы поверхностного монтажа, электромагнитно-акустический преобразователь

Производство электронных компонентов является одной из составляющих электронной отрасли. Номенклатура товара, к которому относятся электронные компоненты, настолько велика, что насчитывает несколько миллионов позиций. Электронные компоненты являются элементами высокоточного электронного оборудования, где недопустимы любые неточности.