

БЛОЧНО-МОДУЛЬНЫЙ ПРИНЦИП КОНСТРУИРОВАНИЯ БЕСПЛАТФОРМЕННЫХ ИНЕРЦИАЛЬНЫХ БЛОКОВ

**М.В. Антонова, Д.С. Бородулин, А.А. Волынцев, Е.Ю. Ковалева,
Л.З. Новиков, А.И. Терёшкин, И.И. Жегалин**

*Филиал ФГУП «Центр эксплуатации объектов наземной космической инфраструктуры» –
«НИИ прикладной механики имени академика В.И. Кузнецова», г. Москва*

Рассматриваются различные варианты построения бесплатформенных инерциальных блоков на основе блочно-модульного подхода к конструированию приборов и их составных частей – блоков чувствительных элементов, модулей сервисной электроники, модулей обмена и управления. Разрабатываются базовые блоки чувствительных элементов (БЧЭ), каждый из которых содержит три волоконно-оптических гироскопа (ВОГ) и три маятниковых акселерометра. При этом каждый вариант базового БЧЭ строится на ВОГ определённой точности (0,3; 0,05 или 0,01 °/ч). Предлагаются варианты структурирования трёхканальных и шестиканальных приборов на основе одного или двух базовых БЧЭ соответственно. Прорабатывается конструктивный облик этих приборов в моноблочном и двухблочном исполнениях, оцениваются их основные технические характеристики.

Ключевые слова: бесплатформенный инерциальный блок, волоконно-оптический гироскоп, блочно-модульная конструкция.

Введение

Применение бесплатформенных инерциальных блоков (БИБ) в качестве командно-измерительных приборов признается перспективным направлением развития систем управления (СУ) средств выведения и транспортных кораблей. Филиал ФГУП «ЦЭНКИ» – «НИИ прикладной механики им. академика В.И. Кузнецова» имеет опыт разработки и изготовления БИБ на базе волоконно-оптических гироскопов (ВОГ) или динамически настраиваемых гироскопов (ДНГ) в качестве измерителей угловой скорости и маятниковых акселерометров (МА) для измерений линейного ускорения. Кроме этого, там, где это требуется, могут быть применены более точные вибрационные струнные акселерометры. Для большинства задач, исходя из требуемой точности, ресурса, ГМХ и стоимости образцов, оптимальным представляется построение БИБ на базе ВОГ различной точности и МА.

НИИ ПМ обладает весомым заделом и опытом как разработки, так и применения указанных чувствительных элементов. Так, например, разработаны ВОГ трёх типов: ВОГ КИНД11-240 (длина волокна 500 м, нестабильность смещения нуля менее 0,3 °/ч, 3σ), ВОГ КИНД11-221 (длина волокна 1000 м, нестабильность смещения нуля менее 0,05 °/ч, 3σ) и ВОГ КИНД11-222 (длина волокна 2000 м, нестабильность смещения нуля менее 0,01 °/ч, 3σ).

На базе ВОГ КИНД11-240 построен 3-канальный гироскопический измеритель вектора угловой скорости КИНД34-062, который успешно проходит лётные испытания в составе системы управления космического корабля «Союз ТМА». На базе ВОГ КИНД11-221 и МА КИ67-11 разработан 4-канальный прибор БИБ КИНД34-059-01, который проходит автономную и комплексную отработку с аппаратурой интегрированной системы управления разработки ОАО «НПО автоматики им. академика Н.А. Семихатова» для перспективной ракеты-носителя [1]. ВОГ типа КИНД11-222 планируется к применению в составе инерциального прибора для перспективной транспортной космической системы.

Требования разработчиков СУ различных объектов (ракет-носителей, разгонных блоков, космических аппаратов) к командно-измерительным приборам существенно различаются в зависимости от решаемых этими объектами задач и условий их применения. В связи с этим, целесообразно разработать семейство бесплатформенных инерциальных приборов, объединённых общим подходом к конструктивному исполнению, формированию, обработке и передаче информации [2].

Для применений, не требующих высокой точности и надёжности, может использоваться 3-канальный БИБ (3 ВОГ и 3 МА). Для объектов РКТ с повышенными требованиями по надёжности предлагается разработать 6-канальный БИБ. Принципиальное различие между этими вариантами БИБ состоит в путях обеспечения надёжности. 3-канальный БИБ является нерезервированным (по крайней мере, на уровне инерциальных чувствительных элементов) прибором с, как правило, ортогональной ориентацией измерительных осей, и его надёжность зависит от характеристик комплектующих и режимов их нагружения. Двойная избыточность измерительных каналов в 6-канальном БИБ позволяет обеспечить работоспособность такого прибора при любой одной или двух неисправностях. БИБ КИНД34-059-01 с 4 ВОГ и 4 МА также допускает неисправность одного углоизмерительного и одного акселерометрического канала, но его слабым местом являются трудности оперативной идентификации неисправного канала. Для этого требуется дополнительная информация из другого источника, входящего в интегрированную систему навигации (аппаратура спутниковой навигации, звездные датчики, гиросtabilизированная платформа), или, по крайней мере, возможность дисперсионного анализа данных, поступающих из каналов БИБ в течение определенного времени (до сотен тактов работы).

Между тем, увеличение числа пар измерительных каналов БИБ (углоизмерительного и акселерометрического) до пяти позволяет при соответствующей кинематической схеме прибора в каждом такте работы отслеживать исправность каналов и при возникновении любой неисправности, включая параметрический отказ, оперативно выводить недостоверные данные из решения навигационной задачи, т. е. реализовать принцип «одной допустимой неисправности» (ОДН). В БИБ с шестью парами каналов обеспечивается идентификация и изоляция второго неисправного канала того же типа, т. е. выполняется требование «двух допустимых неисправностей» (ДДН), предъявляемое к пилотируемым космическим комплексам.

Целью проведенной в НИИ ПМ работы явилась разработка ограниченного числа вариантов построения основных составных частей БИБ – блоков чувствительных элементов (БЧЭ) и комплектов электронных устройств (КЭУ) – и формирование на основе их различных сочетаний блочно-модульных конструкций приборов, максимально отвечающих требованиям и условиям конкретных применений.

Разработка базовых БЧЭ и КЭУ призвана обеспечить экономию времени и средств при создании БИБ, отвечающих требованиям того или иного заказчика. Объектами индивидуального проектирования остаются корпус с кожухом, элементы монтажа, системы термостатирования и виброударозащиты (при необходимости), программное обеспечение прибора в целом.

1. Варианты блока чувствительных элементов

В соответствии с концепцией разработки семейства БИБ на основе блочно-модульных конструкций и принципами резервирования в любой вариант БИБ входят один или два БЧЭ, включающие в себя по три ВОГ и МА, и КЭУ, обеспечивающие функционирование измерительных каналов, а также взаимодействие БИБ с БЦВС.

Базовый БЧЭ состоит из трех ВОГ с взаимно ортогональными осями чувствительности (ОЧ) и трех МА с ОЧ, номинально совпадающими с ОЧ ВОГ.

Разрабатываются три варианта базовых БЧЭ:

- БЧЭ-S на ВОГ типа КИНД11-240 и МА типа КИ67-11;
- БЧЭ-M на ВОГ типа КИНД11-221 и МА типа КИ67-11;
- БЧЭ-L на ВОГ типа КИНД11-222 и МА типа КИ67-11.

Установочная плоскость основания любого из этих БЧЭ ортогональна оси симметрии триэдра, образуемого ОЧ ЧЭ. При этом конструкция БЧЭ должна позволять устанавливать его как на корпус прибора (непосредственно или через амортизатор), так и сопрягать по установочной плоскости с любым другим базовым БЧЭ, развернутым вокруг нормали к установочной плоскости на 180°. Для сопряжения может использоваться промежуточная деталь (плата), одновременно обеспечивающая установку сочлененного БЧЭ на корпус прибора.

Выбор одного типа МА для всех типов БЧЭ определяется отличным сочетанием габаритно-массовых и точностных характеристик МА типа КИ67-11.

Для обеспечения такого рода унификации БЧЭ, построенных на базе разных типов ВОГ, был проведён анализ конструкций чувствительных элементов (ЧЭ) ВОГ КИНД11-240, -221, -222 (из-

готовящихся в настоящее время по действующей конструкторской документации) и проработаны варианты ЧЭ ВОГ, отличающиеся между собой помимо длины волокна (500 м, 1000 м и 2000 м) различными материалами катушек (ВТ1-0, Д16 и САС1-400), количеством катушек в конструкции ЧЭ (1 или 2), количеством секций и типом намотки (2 секции – модифицированная квадрупольная или 1 секция – дипольная намотка).

Анализ различных вариантов конструкций ЧЭ ВОГ показал [2], что оптимальными с точки зрения унификации являются варианты базовых ЧЭ ВОГ с длинами волокна 500 м, 1000 м и 2000 м, имеющие одинаковый наружный диаметр катушки 95 мм. Размер $\varnothing 95$ мм выбран исходя из требования минимизации габаритов ЧЭ ВОГ при выполнении условий: в ЧЭ должно быть свободное центральное отверстие $\varnothing 46$ мм (под акселерометр типа КИ67-11), на несущий каркас катушки должен устанавливаться герметичный модуль ИОС. При этом многие элементы конструкции всех трех ЧЭ ВОГ могут быть взаимозаменяемыми, а именно: нагревательные элементы (при их наличии), модуль интегрально-оптической схемы (ИОС), защитный экран. Кроме того, все три ЧЭ ВОГ имеют одинаковые места крепления, что позволяет использовать одно основание под установку любого ЧЭ.

При построении прибора на основе двух базовых БЧЭ, обеспечивающего требование «ДДН», оси чувствительности любой тройки измерительных каналов этих БЧЭ должны быть некопланарны. Выбрана кинематическая схема симметричного типа, в которой ОЧ ВОГ и МА расположены равномерно по поверхности кругового конуса с углом наклона образующей к нормали к установочной плоскости прибора $\alpha = 54,7356^\circ$ [3].

2. Варианты структурирования приборов

Для каждого варианта базового БЧЭ разрабатывается свой КЭУ в соответствии с особенностями ЧЭ ВОГ, но с максимальной унификацией схемотехнических решений, элементной базы и ПО. Основной вариант построения КЭУ – независимые модули измерительных (гироскопического + акселерометрического) каналов (МИК), связанные между собой только для синхронизации тактов измерения. Для применений с умеренными требованиями по надежности возможна упрощенная схема КЭУ с общими для всех МИК эрбиевым суперлюминисцентным источником излучения (ЭВСИ), вторичным источником питания (ВИП) и опорным генератором (ОГ). В обоих случаях предусматривается единый протокол информационного взаимодействия между МИК и МОУ.

Для обеспечения требования ДДН рассматриваются два варианта прибора [1], построенного на двух базовых БЧЭ. Структурные схемы таких приборов представлены на рис. 1, 2.

В состав первого варианта прибора входят шесть одинаковых каналов, включающих следующие устройства:

а) акселерометрический канал (АК), обеспечивающий автономную работу входящего в него МА типа КИ67-11 в режиме одноканального компенсационного измерителя линейных ускорений с цифровым выходом;

б) гироскопический (углоизмерительный) канал (ГК), обеспечивающий автономную работу входящего в него ВОГ в режиме одноканального компенсационного измерителя угловых скоростей с цифровым выходом;

в) вторичный источник питания, обеспечивающий необходимой номенклатурой напряжений питания все устройства одного акселерометрического и одного гироскопического канала прибора, включая опорный генератор и усилитель терморегулирования, а также модуль обмена (МО);

г) опорный генератор, предназначенный для формирования стабильной опорной частоты;

д) модуль обмена, обеспечивающий обмен информацией с системой управления высшего уровня по последовательному магистральному интерфейсу и обмен информацией по последовательному внутреннему интерфейсу с акселерометрическим и гироскопическим каналами;

е) усилитель терморегулирования ЧЭ (УТР), предназначенный для работы в составе системы терморегулирования чувствительных элементов.

На КЭУ второго варианта БИБ дополнительно возлагаются функции математической обработки первичных данных измерительных каналов, для чего в модуль обмена вводится специализированный вычислитель и МО становится модулем обмена и управления (МОУ).

Важным вопросом при разработке БИБ является обеспечение синхронизации работы измерительных каналов и привязки тактов измерения к такту опроса. Обсуждается решение этой задачи двумя способами:

Системы навигации и управления авиационно-космической техники

– независимое внутреннее тактирование интервалов измерения. Предусматривает синхронизацию интервалов формирования первичной информации всех измерительных каналов с помощью устройства управления каждой пары ГК+АК. Устройство управления формирует этот интервал по импульсам, поступающим от «своего» ОГ, осуществляет счёт импульсов и от других опорных генераторов, сравнивает код, полученный от ОГ своего канала, с кодом «чужого» ОГ, занимающим среднее положение среди кодов этих пяти каналов, и при отличии их более назначенного допуска переключается на этот ОГ;

– внешняя синхронизация работы измерительных каналов (с допустимым отклонением не более 5 мкс). Рассматриваются два варианта такой синхронизации:

а) прием от системы управления (потребителя информации) импульсных синхросигналов в каждый из измерительных каналов;

б) прием от системы управления групповой команды по магистральному последовательному интерфейсу в каждое оконечное устройство с последующим формированием импульсных синхросигналов для каждого измерительного канала.

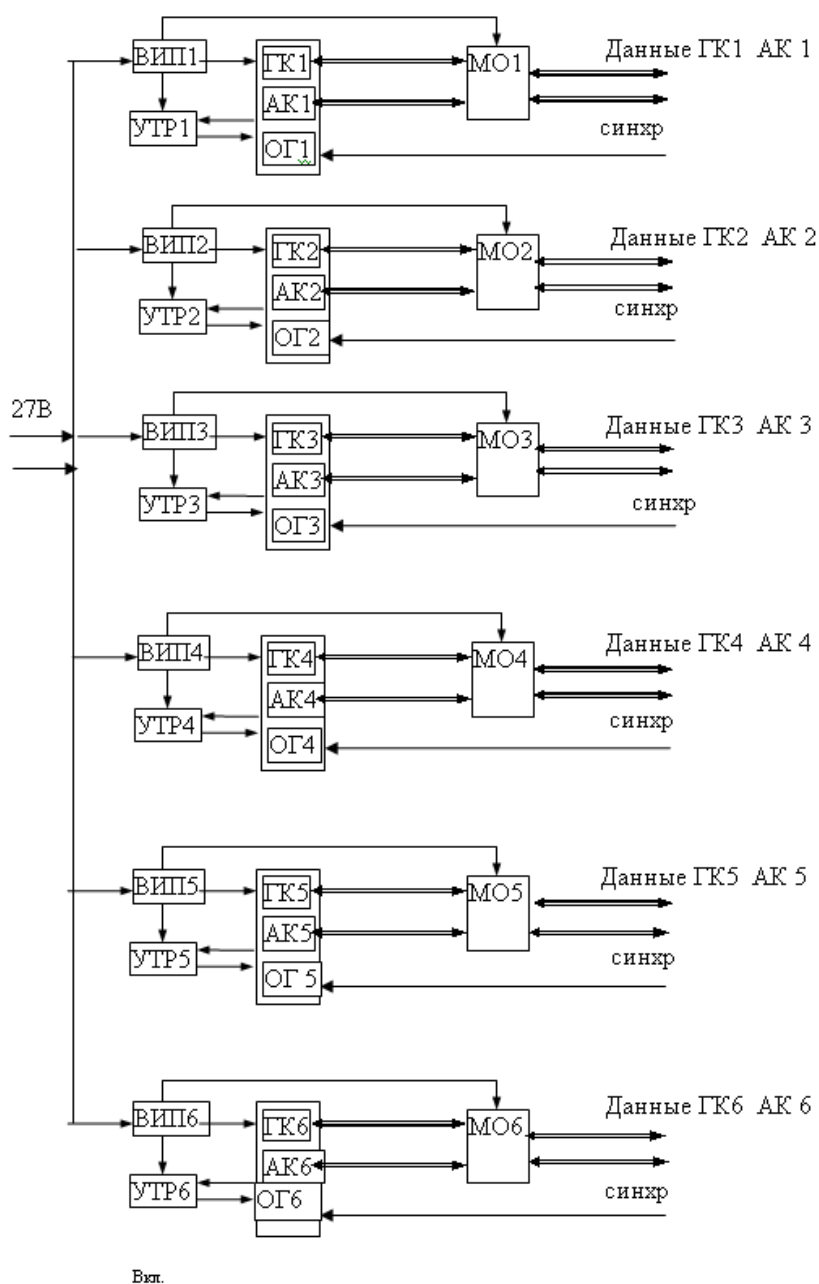


Рис. 1. Структурная схема первого варианта 6-канального БИБ

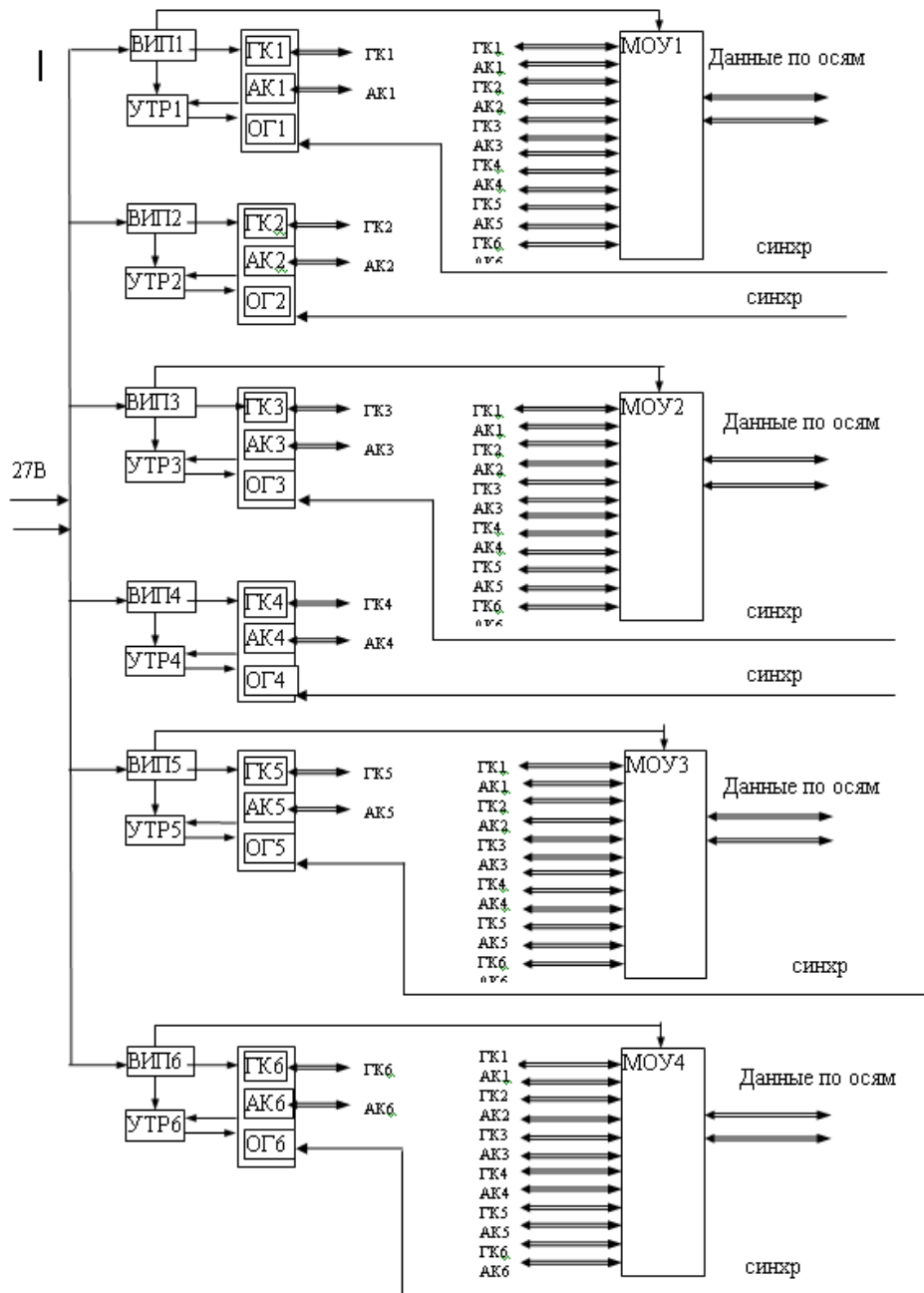


Рис. 2. Структурная схема второго варианта 6-канального БИБ

Все варианты синхронизации работы измерительных каналов БИБ и привязки тактов измерения к тактам опроса имеют свои достоинства и недостатки и их выбор является предметом согласования с разработчиком СУ.

3. Конструктивное исполнение приборов БИБ

3.1. БИБ с одним БЧЭ

Рассмотрены три варианта прибора БИБ с тремя измерительными каналами, имеющие одинаковую кинематическую схему, но отличающиеся типом применённого ВОГ. Все три варианта прибора имеют моноблочную компоновку в герметизированном исполнении, конструктивно выполнены одинаково и отличаются габаритными размерами и массой прибора. Определяющим для габаритных размеров прибора является радиус обметания БЧЭ в плане, а он в свою очередь определяется габаритными размерами ВОГ. Блоки электронных устройств могут быть унифицированы для всех трех вариантов.

Базовой деталью БЧЭ является основание пирамидальной формы, на боковые грани которого устанавливаются ЧЭ. Боковые грани основания расположены в пространстве под углом 90° друг к другу. В плане боковые грани расположены симметрично относительно вертикальной оси основания. Оси чувствительности ВОГ и МА перпендикулярны плоскости установки ЧЭ на основание. Основание выполнено из сплава типа Д16. Необходимые жесткостные требования с одновременным обеспечением минимальных габаритно-массовых характеристик и тепловых параметров достигаются конструктивной проработкой формы основания с проведением всех необходимых расчетов с использованием комплекса инженерного анализа ANSYS. На каждой из 3 граней основания устанавливаются втулки с ВОГ, МА и платами электронных устройств, требующих термостатирования.

Модули электронных устройств (МИК, МОУ) конструктивно представляют собой рамку, выполненную из сплава типа Д16, на которую ставится печатная плата с ЭРИ. Сброс тепла с элементов ЭРИ производится на рамку и далее, после установки модуля в корпус, непосредственно на дно корпуса. Модуль ЭВСИ конструктивно может быть выполнен и установлен аналогично модулям МИК и МОУ, а может быть установлен в зоне корпуса, предназначенной для БЧЭ. В этом случае модуль ЭВСИ устанавливается снизу в корпус прибора и закрывается отдельной крышкой. Сброс тепла с прибора будет осуществляться и с нижней плоскости корпуса, и с крышки.

Рассмотренные варианты 3-канального прибора с тремя типами БЧЭ в первом приближении имеют следующие габаритные размеры и массу:

- для прибора с БЧЭ-S – $270 \times 190 \times 150$ мм, $m \approx 5 \dots 5,5$ кг,
- для прибора с БЧЭ-M – $280 \times 200 \times 150$ мм, $m \approx 6 \dots 6,5$ кг,
- для прибора с БЧЭ-L – $300 \times 220 \times 150$ мм, $m \approx 7 \dots 7,5$ кг.

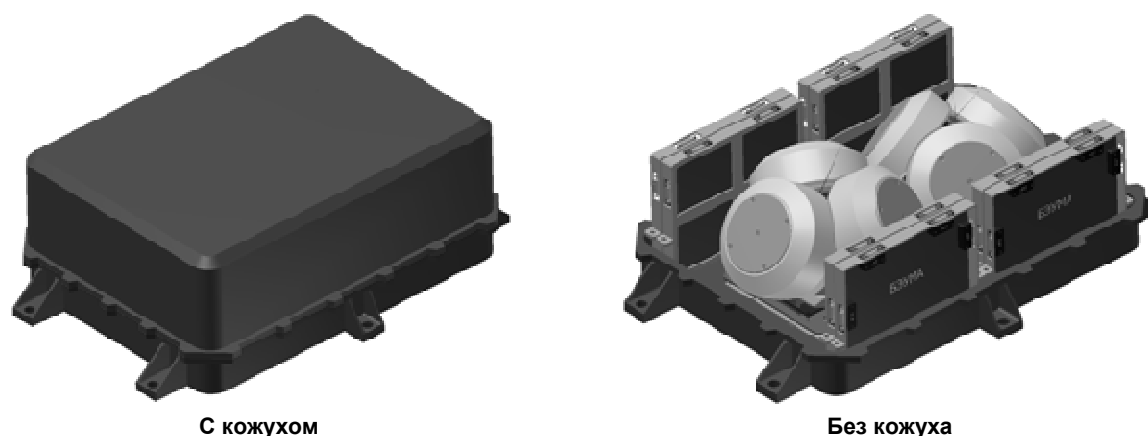
3.2. БИБ с двумя БЧЭ

Для 6-канального прибора наряду с моноблочной конструкцией возможна компоновка из двух блоков – отдельно БЧЭ и блока КЭУ.

Блок чувствительных элементов 6-канального прибора состоит из двух базовых трехканальных БЧЭ, установленных так, что оси чувствительности шести ВОГ образуют гексаэдр. Установочные плоскости оснований каждого из базовых БЧЭ ортогональны оси симметрии триэдра, образованного осями чувствительности ЧЭ базового блока, а установочные плоскости оснований параллельны установочной плоскости прибора. Возможна компоновка с разными сочетаниями базовых БЧЭ.

Блок КЭУ состоит из шести независимых модулей МИК и трех или четырех МОУ для обеспечения возможности выполнения требований одной, или двух допустимых неисправностей. На рис. 3 показан один из вариантов моноблочного прибора.

Предполагаемые габаритные размеры для варианта с двумя базовыми БЧЭ-M – $400 \times 290 \times 170$ мм, размеры даны по корпусу прибора без фланцев для крепления кожуха и без крепежных лап прибора. Предполагаемая масса прибора в таком моноблочном исполнении – $12,5 \dots 13$ кг.



С кожухом

Без кожуха

Рис. 3. 6-канальный прибор в моноблочном исполнении

Двухблочный вариант прибора показан на рисунке 4. Блок БЧЭ в этом случае имеет цилиндрическую форму. Базовые трехканальные БЧЭ устанавливаются сверху и снизу на корпус блока БЧЭ, там же можно установить модули ЭВСИ для каждого базового БЧЭ. В этом случае оптическая схема полностью реализуется в блоке БЧЭ.

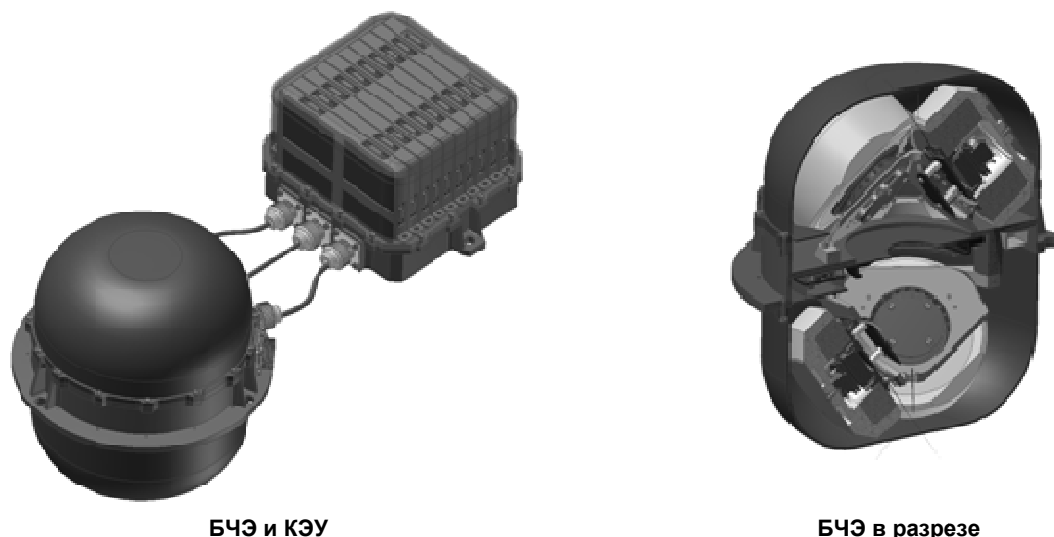


Рис. 4. 6-канальный прибор в двухблочном исполнении

Габаритные размеры блока БЧЭ для варианта с использованием двух базовых БЧЭ-М – $\varnothing 200 \times 250$ мм, без фланцев для крепления кожуха и крепежных лап прибора. Предполагаемая масса – 7,5 кг. КЭУ с блоком БЧЭ связан электрическими кабелями. Габаритные размеры КЭУ с набором электронных устройств, обеспечивающим реализацию требования двух допустимых неисправностей – $200 \times 180 \times 150$ мм, предполагаемая масса – 3,5 кг.

4. Основные технические характеристики вариантов БИБ

В таблице приведены технические характеристики вариантов БИБ, построенных на ВОГ с длиной волокна 500 м (БЧЭ-S), 1000 м (БЧЭ-М) и 2000 м (БЧЭ-L) и на МА КИ67-11, прогнозируемые на основе результатов испытаний приборов на этих ЧЭ, или автономных испытаний ЧЭ. В скобках указаны величины, достижимые в ходе реализации определенных мер по их совершенствованию.

Характеристики приборов с одним базовым БЧЭ

Наименование параметра	Варианты комплектации		
	БЧЭ-S	БЧЭ-М	БЧЭ-L
Характеристики углоизмерительных каналов			
Диапазон измерения угловых скоростей, $^{\circ}/с$	± 500	± 160	$\pm 80 (\pm 400)$
Случайная составляющая погрешности масштабного коэффициента, %			
– от запуска к запуску	0,010	0,010	0,010
– в запуске	0,005	0,005	0,005
Случайная составляющая погрешности нулевого сигнала, $^{\circ}/ч$			
– от запуска к запуску	0,8	0,1	*(0,01)
– в запуске	0,25	0,05	0,03 (0,01)
Коэффициент случайного блуждания накопленного угла, $^{\circ}/\sqrt{ч}$	$5 \cdot 10^{-3}$	$2 \cdot 10^{-3}$	$8 \cdot 10^{-4}$

Наименование параметра	Варианты комплектации		
	БЧЭ-S	БЧЭ-M	БЧЭ-L
Характеристики акселерометрических каналов			
Диапазон измерения линейных ускорений, м/с ²	±150 (±300)		
Случайная составляющая погрешности масштабного коэффициента, %	0,015 (0,005) 0,005 (0,003)		
– от запуска к запуску			
– в запуске			
Случайная составляющая погрешности нулевого сигнала, м/с ²	0,0015 (0,0005) 0,0005 (0,0003)		
– от запуска к запуску			
– в запуске			
Общие характеристики БИБ			
Температурный режим эксплуатации, °С	**	–10 +40	–10 +40
Потребляемая мощность, Вт, не более	**	40	40
Время функциональной готовности, с, не более	3		
Время тепловой готовности, мин, не более	**	17	17
Время точностной готовности (по достижении тепловой), с, не более	10		
Масса, кг	5,0–5,5 (3,0–4,0)	6,0–6,5	7,0–7,5
Примечания:			
* На настоящий момент нет данных.			
** Параметр зависит от конкретных условий применения.			

Выводы

Представленные материалы свидетельствуют о том, что созданный в НИИ ПМ научно-технический задел позволяет создавать БИБ на базе ВОГ и МА в нескольких вариантах, ориентированных на применение в СУ перспективных изделий различного типа. В зависимости от конкретных требований и условий эксплуатации разрабатываемые приборы могут существенно отличаться друг от друга набором основных технических характеристик: от малогабаритных нерезервированных БИБ умеренной точности до высокоточных и особо надежных приборов, хотя и существенно более массивных, но зато обеспечивающих автономное азимутальное прицеливание и сохраняющих работоспособность при любых двух возможных неисправностях.

Принципиальной особенностью предлагаемых технических решений является единый блочно-модульный подход к построению различных вариантов БИБ. Преимущества такого принципа построения БИБ позволяют приступить к разработке БИБ для конкретных применений параллельно с согласованием окончательного облика прибора с его потенциальным потребителем, сократив тем самым общие сроки разработки и освоения в производстве.

Литература

1. Исследование характеристик бесплатформенного инерциального блока на базе волоконно-оптических гироскопов в процессе наземной отработки / М.В. Антонова, А.А. Игнатьев, Е.Ю. Ковалева и др. // Гироскопия и навигация. – 2012. – № 2 (77). – С. 98–111.
2. Модернизация бесплатформенных инерциальных блоков на базе волоконно-оптических гироскопов и маятниковых акселерометров: материалы к эскизному проекту / Филиал ФГУП «ЦЭНКИ» – «НИИ ПМ». – Дец. № КИНД.Э032.3891. – 2014. – 226 с.
3. Епифанов, А.Д. Избыточные системы управления летательными аппаратами / А.Д. Епифанов. – М.: Машиностроение, 1978. – 144 с.

Антонова Мария Вячеславовна, канд. техн. наук, ведущий научный сотрудник, филиал ФГУП «Центр эксплуатации объектов наземной космической инфраструктуры» – «НИИ прикладной механики имени академика В.И. Кузнецова», г. Москва; antonova.mariya.v@gmail.com.

Бородулин Денис Сергеевич, начальник отделения, филиал ФГУП «Центр эксплуатации объектов наземной космической инфраструктуры» – «НИИ прикладной механики имени академика В.И. Кузнецова», г. Москва; 03@niipm.ru.

Волынцев Андрей Андреевич, главный конструктор, филиал ФГУП «Центр эксплуатации объектов наземной космической инфраструктуры» – «НИИ прикладной механики имени академика В.И. Кузнецова», г. Москва; mastervoland@inbox.ru.

Ковалёва Елена Юрьевна, начальник отдела, филиал ФГУП «Центр эксплуатации объектов наземной космической инфраструктуры» – «НИИ прикладной механики имени академика В.И. Кузнецова», г. Москва; 03@niipm.ru.

Новиков Леонид Захарович, канд. физ.-мат. наук, главный научный консультант, филиал ФГУП «Центр эксплуатации объектов наземной космической инфраструктуры» – «НИИ прикладной механики имени академика В.И. Кузнецова», г. Москва; 03@niipm.ru.

Терёшкин Александр Иванович, заместитель начальника отделения, филиал ФГУП «Центр эксплуатации объектов наземной космической инфраструктуры» – «НИИ прикладной механики имени академика В.И. Кузнецова», г. Москва; 03@niipm.ru.

Жегалин Игорь Иванович, главный научный консультант, филиал ФГУП «Центр эксплуатации объектов наземной космической инфраструктуры» – «НИИ прикладной механики имени академика В.И. Кузнецова», г. Москва; 03@niipm.ru.

Поступила в редакцию 23 сентября 2015 г.

DOI: 10.14529/ctcr150411

MODULAR CONFIGURATED DESIGN OF STRAPDOWN INERTIAL UNITS

*M.V. Antonova, antonova.mariya.v@gmail.com,
D.S. Borodulin, 03@niipm.ru,
A.A. Volyntsev, mastervoland@inbox.ru,
E.Yu. Kovaleva, 03@niipm.ru,
L.Z. Novikov, 03@niipm.ru,
A.I. Tereshkin, 03@niipm.ru,
I.I. Zhegalin, 03@niipm.ru*

*Branch of FSUE TsENKI – Scientific & Research Institute of Applied Mechanics
named after academician V.I. Kuznetsov, Moscow, Russian Federation*

Various modular configured design approaches for development of devices and components of strapdown inertial units (SIU) – assemblies of sensitive elements (ASE), modules of service electronics, module of information exchange and control (MIEC) – are described in this paper. Basic ASE are under development, each of which contains three fiber-optical gyroscopes (FOG) and three pendulous accelerometers. Each ASE variant is based on FOG with specific accuracy levels (0.3; 0.05 or 0.01 °/hr). Two basic SIU types with different device structure are considered: three-channel and six-channel units based on one or two ASE, respectively. Design features of such monoblock and two-block units are studied; their main technical characteristics are estimated.

Keywords: strapdown inertial unit, fiber-optical gyroscope, modular configuration.

References

1. Antonova M.V., Ignatyev A.A., Kovaleva E.Yu., Kurbatov A.M., Kutovoy V.M., Maslova O.I., Novikov L.Z., Perepelkina, S.Yu., Chaptsova M.A. [Investigation of Characteristics of the Strapdown Inertial Unit with Fiber-Optical Gyroscopes in Progress of Ground Tests], *Giroskopiya and navigation*, 2012, no. 2 (77), pp. 98–111.

2. *Modernizatsiya besplatformennykh inertsiyal'nykh blokov na baze volokonno-opticheskikh giroskopov i mayatnikovykh akselerometrov: materialy k eskiznomu proektu* [Rebuilding of the Strapdown Inertial Based on Fiber-Optical Gyroscopes and Pendulous Accelerometers: Information for Redesign]. KIND.E032.3891, the FSUE "TsENKI", 2014. 226 p.

3. Epifanov A.D. *Izbytochnye sistemy upravleniya letatel'nyimi apparatami* [Redundant Control Systems of Aircrafts]. Moscow, Mashinostroenie Publ., 1978. 144 p.

Received 23 September 2015

ОБРАЗЕЦ ЦИТИРОВАНИЯ

Блочно-модульный принцип конструирования бесплатформенных инерциальных блоков / М.В. Антонова, Д.С. Бородулин, А.А. Волынцев и др. // Вестник ЮУрГУ. Серия «Компьютерные технологии, управление, радиоэлектроника». – 2015. – Т. 15, № 4. – С. 101–110. DOI: 10.14529/ctcr150411

FOR CITATION

Antonova M.V., Borodulin D.S., Volyntsev A.A., Kovaleva E.Yu., Novikov L.Z., Tereshkin A.I., Zhegalin I.I. Modular Configured Design of Strapdown Inertial Units. *Bulletin of the South Ural State University. Ser. Computer Technologies, Automatic Control, Radio Electronics*, 2015, vol. 15, no. 4, pp. 101–110. (in Russ.) DOI: 10.14529/ctcr150411