КРЭТ

РПЗ

Конкурсная работа:

«Развертывание серийного производства инерциальных навигационных систем на базе лазерных гироскопов»

Номинация ***«За успехи в создании систем и агрегатов для авиастроения»***

Исполнитель: Акционерное Общество «Раменский приборостроительный завод»

Генеральный директор: С.В. Анохин

Раменское 2017

Содержание

1. Актуальность поставленной задачи
2. Освоение технологических процессов лазерной гироскопии
2.1. Краткое описание лазерного гироскопа
2.2. Точность на молекулярном уровне
3. Результаты выполненной работы

1. Актуальность поставленной задачи

Одна из ключевых задач современных средств обороны и нападения - точное определение координат как своих, так и противоборствующей стороны. Миллиарды долларов тратятся экономически развитыми странами на создание глобальных навигационных систем. В результате этого тренда в США появилась GPS, в России – ГЛОНАСС, в Европе – «Галилео». Но в последнее время политики, военные и ученые единодушны в своих выводах о том, что при наличии собственной глобальной навигационной системы невозможно достигнуть военного превосходства в современной войне. Признавая тот факт, что спутниковая система необходима, т.к. она в режиме реального времени дает высокую точность определения координат для самолетов, ракет, кораблей и наземной бронетехники, мы должны быть готовы к тому, что современными средствами радиоэлектронной борьбы противник может спутниковый сигнал исказить, «зашумить», отключить, в конце концов, уничтожить сам спутник. Именно этими обстоятельствами обусловлено обязательное наличие автономной инерциальной навигационной системы на любом соответствующем объекте.

Инерциальная навигационная система является помехозащищенным источником навигационной информации, не подверженным действиям средств радиоэлектронной борьбы, и в настоящее время одна из ее разновидностей – бесплатформенная инерциальная навигационная система (БИНС) – находит наиболее широкое применение. БИНС устанавливаются везде: на самолетах, на наземной бронетехнике, на ракетах. Только передовые с точки зрения развития современной науки страны смогли выйти на технологический уровень, который позволил создать качественно новые ИНС. Если ранее инерциальные навигационные системы были платформенного типа на базе динамически настраиваемых гироскопов и акселерометров в кардановом подвесе, то в бесплатформенных инерциальных навигационных системах нет подвижных деталей. На данном этапе научного развития лазерные гироскопы являются самыми точными в решении задач формирования навигационной информации, чем обусловлено их наибольшая распространенность в точных и высокоточных БИНС. Современные БИНС на лазерных гироскопах и кварцевых акселерометрах являются одними из наиболее сложных и высокотехнологичных изделий и служат незаменимым автономным средством навигации. Эти системы востребованы широким классом потребителей, так как обладают рядом

преимуществ тактического характера: автономностью, невозможностью воздействия на них помех, непрерывностью и глобальностью функционирования в любое время года и суток на воздушных, морских и наземных объектах. БИНС выдают информацию для решения задач навигации, управления полетом, прицеливания, подготовки и наведения ракет, а также для обеспечения работоспособности радиолокационных, оптико-электронных, инфракрасных и других бортовых систем. На магистральных самолетах коммерческой авиации автономные инерциальные системы являются основным средством навигации и определения пространственного положения. На сегодня в мире производство БИНС на лазерных гироскопах освоено только в России, США, Франции и Китае.

2. Освоение технологических процессов производства лазерных гироскопов

2.1. Краткое описание лазерного гироскопа

Раменский приборостроительный завод занимается освоением и доведением до серийного уровня изготовления БИНС на лазерных гироскопах разработок МИЭА, ИТТ и Электрооптики также, как и РПЗ входящих в КРЭТ (Концерн Радиоэлектронные технологии).

Кольцевые лазерные гироскопы и кварцевые акселерометры сегодня – самые точные датчики первичной информации, используемые при производстве инерциальных навигационных систем.

Принцип действия лазерного гироскопа заключается в том, что внутри замкнутого по периметру пространства, образованного системой зеркал и корпусом, изготовленным из специального стекла, возбуждаются два лазерных луча, которые по каналам идут навстречу друг другу. Когда гироскоп находится в состоянии покоя, два луча «бегут» навстречу друг другу с одинаковой частотой, а когда начинает совершать угловое движение, то каждый из лучей изменяет свою частоту в зависимости от направления и скорости этого движения. Через одно из зеркал выводится часть энергии лучей и формируется интерференционная картина. Наблюдая за этой картиной, с помощью фотоприемника считывают информацию об угловом движении гироскопа, определяют направление вращения по направлению движения интерференционной картины и величину угловой скорости по скорости ее движения. Фотоприемник преобразует оптический сигнал в электрический, малой мощности, а далее начинаются процессы его усиления, фильтрации и отделения помех.

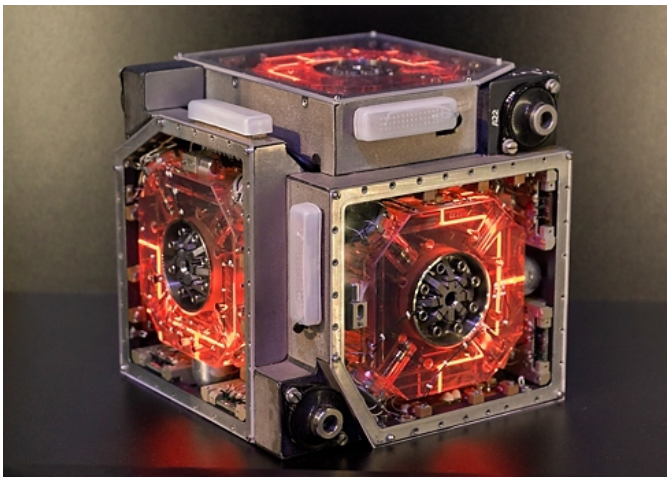


Фото1. *Блок чувствительных элементов (БЧЭ)*

Сам гироскоп является одноосным, он измеряет угловую скорость, действующую вдоль его оси чувствительности, которая перпендикулярна плоскости распространения лазерных лучей, поэтому система состоит из трех гироскопов. Для получения информации о линейном движении объекта в системе используются три измерителя ускорения – акселерометра. Это очень точные приборы, в которых на упругом подвесе в виде маятника подвешивается пробная масса. Акселерометры осуществляют измерения с точностью до одной стотысячной доли ускорения свободного падения.

2.2. Точность на молекулярном уровне

Основная трудность при освоении технических процессов в изготовлении лазерных гироскопов – получение шероховатости поверхности зеркала при финишной полировке на уровне 0,1 нанометра, что приближается к молекулярному уровню. В гироскопах зеркала двух типов: плоские и сферические. Зеркало имеет диаметр 5 мм, а его радиус составляет 8-10м. Зеркальное покрытие наносится методом ионного напыления на специальный стекло-кристаллический материал ситалл. Толщина каждого из слоев имеет порядок 100 нанометров.

Лазерный луч распространяется в гелий-неоновой среде низкого давления. Характеристики этой среды должны быть неизменными на протяжении всего срока эксплуатации гироскопа. Изменение состава газовой среды за счет попадания в нее даже ничтожного количества внутренних и наружных примесей приводит сначала к изменению характеристик гироскопа, а затем и его отказу.

В процессе освоения изделий имели место трудности с блоком электроники, т.к. получая маломощный частотно-модулированный сигнал, для которого необходимо обеспечить требуемое усиление, фильтрацию, подавление помех и преобразование в цифровой сигнал, а также выполнить требования по помехозащищенности во всех условиях эксплуатации.

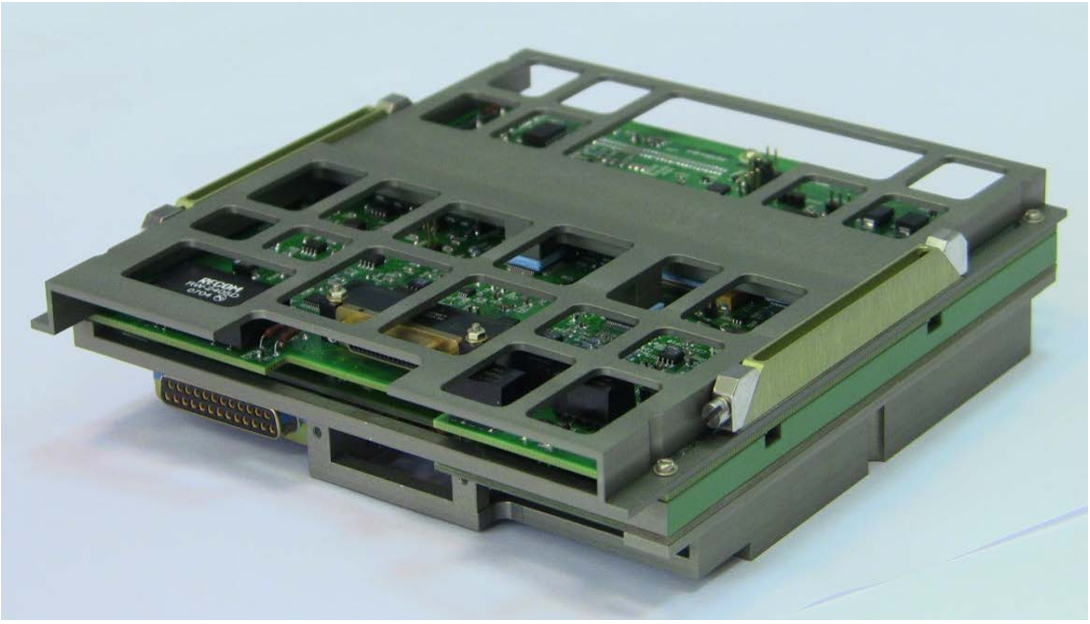
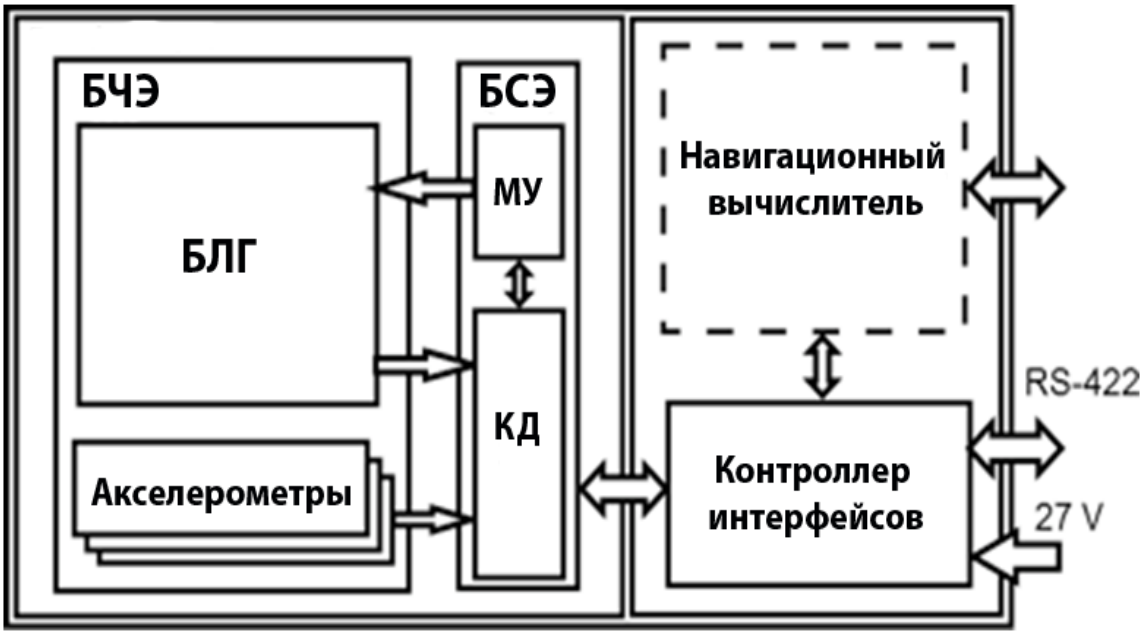


Фото 2. *Блок сервисной электроники*

Ниже приведена структурная схема БИНС, отражающая функциональные связи между входящими блоками.



БЧЭ- Блок чувствительных элементов КД - Контроллер датчиков
БЛГ- Блок лазерных гироскопов БСЭ- Блок сервисной электроники
МУ- Модуль управления

Рис.1 *Структурная схема БИНС*

Сам прибор должен выдерживать интервалы рабочих температур от минус 60 до плюс 60 (70) градусов по шкале Цельсия. Технология изготовления прибора гарантирует его надежную работу во всем диапазоне температур в процессе полного жизненного цикла конечного объекта, который составляет десятки лет.

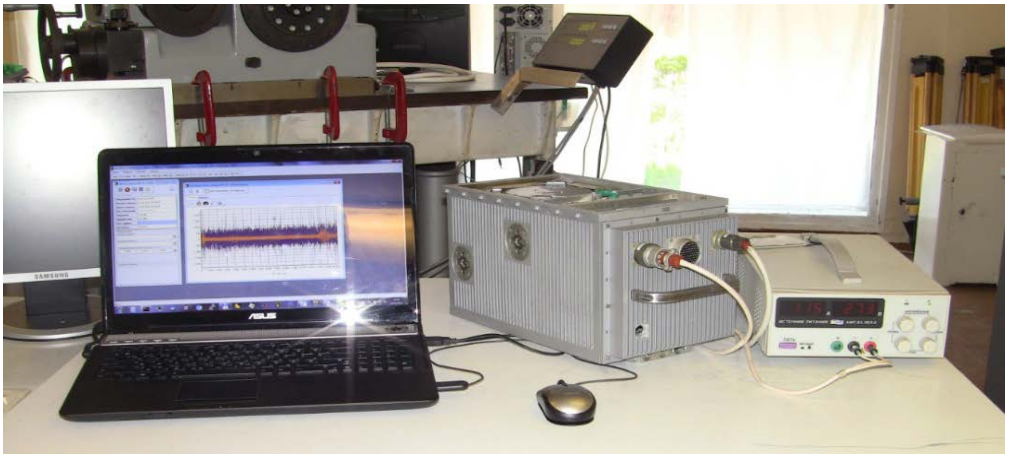


Фото 3. *Тестирование системы в лаборатории*

3. Результаты выполненной работы

Все принятые меры организационного, инвестиционного, технического характера позволили значительно увеличить количество изготовленных систем и в полном объеме выполнить гособоронзаказ в 2017 г., при этом достигнут трехкратный рост выпуска БИНС по отношению к 2015 г. Принят к исполнению производственный план на 2018 г. с дальнейшим увеличением объемов выпуска бесплатформенных инерциальных систем нескольких модификаций. В результате освоения новых технологий производства систем на базе лазерных гироскопов силами завода достигнуто увеличение не только количественных, но и качественных показателей. Если в 2013 г. уровень отказности по производственным дефектам в среднем доходил до 30-35%, то в прошлом году он был снижен до 1.5%. Специалистам РПЗ были найдены необходимые технологические решения, которые позволили в значительной мере повысить качество выпускаемых систем.

Фото 4. *Общий вид БИНС*

Анализируя в целом актуальность выполненной на РПЗ работе по развертыванию серийного производства инерциальных навигационных систем на базе лазерных гироскопов, необходимо подчеркнуть, что сегодня владение всего диапазона возможностей для разработки и производства высокоточных БИНС выдвигает страну на передовые рубежи технического прогресса и непосредственно влияет на обеспечение безопасности государства. В настоящее время РПЗ выпускает столько БИНС, сколько ей заказывают Минобороны, Министерство промышленности и торговли, а также другие ведомства. В ближайшем будущем спрос на автономные инерциальные системы начнет существенно расти. И здесь в первую очередь необходимо понимать, что речь идет о высокотехнологичных изделиях, в которых сходится много технологий – это и оптика, и электроника, и вакуумная обработка.

Фото 5. *Испытания опытного образца БИНС в полевых условиях*

Проведение технического перевооружения предприятия обеспечило выполнение возросшего количества заказов БИНС в серийном производстве. Освоение технологии производства оптических компонентов является важнейшим достижением в цепочке всего производственного процесса.

Бесплатформенные инерциальные навигационные системы (БИНС) на базе лазерных гироскопов во всем мире приходят на смену навигационным системам на базе «классических» механических гироскопов, которые не удовлетворяют современным требованиям по времени готовности, ресурсу, надежности и точности. Инерциальные навигационные системы используются прежде всего в военной сфере и либо комбинируются со спутниковыми системами (так, в частности, работает БИНС на истребителе Су-35С), либо заменяют их: системы спутниковой навигации неэффективны в космосе и в условиях сложного рельефа, а также легко подавляются средствами радиоэлектронной борьбы.

Фото 6. *Технологический участок вакуумных постов производства лазерных гироскопов*

Российские лазерные БИНС применяются в военной и гражданской авиации — на самолетах и вертолетах четвертого поколения и выше, на беспилотных летательных аппаратах комплексов наземного, морского и авиационного базирования, в ракетной технике. В частности, БИНС предназначены для оснащения гражданского российского самолета МС-21 и модернизации другого гражданского самолета SSJ-100, производимого в России, а также для экспортируемых самолетов и вертолетов боевой авиации. До недавнего времени у российского разработчика была налажена кооперация с французской фирмой «SAGEM», когда готовые инерциальные измерительные блоки на базе французских лазерных гироскопов поступали в нашу страну для дальнейшей установки на вертолеты.

В 2017 г. начат выпуск бесплатформенных инерциальных систем БИНС-СП-Б, которые позволят заменить на российских бортах Ка-52К, Ми-28НМ и Ми-26 французскую инерциальную систему блока ЛИНС-100РС.

Проведена подготовка производства к серийному выпуску этого изделия. Первые опытные БИНС-СП-Б проходят летные испытания.

На реактивной системе залпового огня Торнадо-С прошли испытания самоориентирующейся гироскопической системы СГЛ КЛГ, изготовленной на базе лазерных гироскопов, которая предназначена для автоматизированных систем управления внедрения и огня артиллерии. Изготовлено три опытных образца для испытаний в составе боевой машины РСЗО.

В настоящее время тема импортозамещения в этом вопросе закрыта при непосредственном участии Раменского приборостроительного завода: все вновь заключаемые экспортные контракты по продаже ЛА исполняются с поставкой БИНС изготовления РПЗ.

Создание БИНС - это задача не одного предприятия, института и даже не одного концерна. Ее решение лежит в плоскости общегосударственных интересов. РПЗ занимает достойное место в оборонно-промышленном комплексе России.