

Разработка отечественной бесплатформенной инерциальной навигационной системы БИНС-2015 для гражданской авиации

Бесплатформенные инерциальные навигационные системы (БИНС) обеспечивают автономное счисление пилотажно-навигационных параметров, не зависящее от внешних источников информации. Это качество, особенно актуальное в условиях помех или недоступности радионавигационных систем, позволяет отнести БИНС к незаменимому оборудованию современных бортовых комплексов.

В настоящее время БИНС отечественного производства, разработанные для гражданской авиации (ГА), значительно уступают зарубежным аналогам по габаритно-массовым характеристикам, энергопотреблению, надежности, удобству эксплуатации и сертифицированы по устаревшим стандартам.

Таким образом, создание современной БИНС гражданского назначения является актуальной задачей отечественного авиастроения.

Одним из лидеров в области разработки инерциальных навигационных систем в России является Московский институт электромеханики и автоматики (ПАО «МИЭА»). Институтом успешно разработаны и внедрены в серийное производство как платформенные (И-21), так и бесплатформенные (БИНС-85, БИНС-77, БИМС-Т, БИНС-СП-1, БИНС-СП-2, БИНС-СП-2М) системы, нашедшие широкое применение.

На основе богатого опыта собственных разработок и анализа тенденций в производстве БИНС коллективом ПАО «МИЭА» была создана новая система БИНС-2015, отвечающая техническому облику современных зарубежных изделий, превосходящая отечественные аналоги, и удовлетворяющая современным сертификационным требованиям.

Этих качеств удалось достичь за счет разработки нового малогабаритного кольцевого лазера МКЛ-2, периметр которого уменьшен почти вдвое по сравнению с моделью предыдущего поколения почти с сохранением точности, новой компактной конструкции и электроники. Для системы разработан новый вычислитель, его базовое и функциональное ПО.

Сертификация системы БИНС-2015 проводится в соответствии со стандартами Р-4754А, Р-4761, КТ-254 для аппаратуры, КТ-178С для ПО и КТ-160G для ВВФ.



Рисунок 1. Внешний вид системы БИНС-2015

Таблица 1. Сравнительные характеристики систем

№	Наименование характеристики	БИНС-2015	БИМС-Т	Laseref 6	HPIRS (Thales)
1	Время готовности, мин	7-17 в зависимости от широты	7-17 в зависимости от широты	5-17 в зависимости от широты	-
2	Среднее время наработки на отказ, не менее, ч	20000	10000	25000	40000
3	Электропитание	основное и резервное по 27В	основное 115В 400Гц, резервное 27В	основное и резервное по 28В	-
4	Электропотребление	35Вт	115ВА, 70Вт	28Вт	30Вт
5	Габариты ДШВ, мм	175x173x187	410,5x197x227	163x166x163	380x66x127
6	Масса системы	8,6 кг	18,6 кг	4,2 кг	7,4 кг
7	Температура (диапазон рабочих температур)	-15° до +55°	-15° до +55°	-40° до +70°	-
8	Интерфейс	ARINC 429, 704А	ARINC 429, 704А	ARINC 429, 704А	ARINC 429, 704А
9	ВВФ	КТ-160G	КТ-160D	КТ-160G	КТ-160F
10	Точности инерциального режима:				
10.1	Географические координаты	3,7 за час полёта	3,7 за час полёта	3,7 за час полёта	3,7 за час полёта
10.2	Путевая скорость	4 м/с	4 м/с	4 м/с	4 м/с
10.3	Истинный курс	0,2°+0,02*t (t – время работы системы)	0,4°	0,4°	-
10.4	Углы крена и тангажа	0,1°	0,1°	0,1°	-
11	Точности гибридного режима:				
11.1	Географические координаты	44 м	100 м	100 м	-
11.2	Путевая скорость	0,3 м/с	0,3 м/с	0,7 м/с	-
12	Сертификация				
12.1	Сертификационные стандарты	Р-4754, КТ-254, КТ-178С	КТ-178А	КТ-254, КТ-178В	КТ-254, КТ-178В
12.2	ВСК	в соответствии с ARINC 604	-	-	-

Назначение и основные характеристики

Назначением БИНС-2015 является:

- формирование и выдача автономной пилотажно-навигационной информации;
- формирование и выдача интегрированной с информацией внешней СНС гибридной навигационной информации.

Взаимодействие с бортовым комплексом осуществляется в виде последовательного 32-разрядного кода с характеристиками сигналов по ГОСТ 18977-79, PTM 1495-75 с изменением 3 и ARINC 429 ч. 1,2,3 (АС 1.1.429 ч. 1-16-2003, АС 1.1.429 ч. 2-15-2003, АС 1.1.429 ч. 3-18-2003) в соответствии с требованиями ARINC-704-7/704А.

Для питания система использует два источника постоянного тока по 27В. Мощность, потребляемая системой, составляет 35 Вт.

Точностные характеристики системы БИНС-2015, условия применения, режимы работы и информационный обмен представлены ниже:

Таблица 2. Точностные характеристики

Автономный канал		
Географические координаты	3,7 км за час	
Путевая скорость	4,0 м/с	
Курс	0,2°+0,02*t (t – время работы системы)	
Путевой угол	±2°	
Углы крена и тангажа	±0,1°	
Гибридный канал		
GPS	Глонасс	GPS/Глонасс
Географические координаты		
100 м	44 м	44 м
Путевая скорость		
0,7 м/с	0,3 м/с	0,3 м/с

Таблица 3. Условия применения

Географическая широта	$\pm 90^\circ$
Географическая долгота	$\pm 180^\circ$
Высота полёта	до 30000 м
Путевая скорость	до 1000 м/с
Углы курса	$\pm 180^\circ$
Углы крена	$\pm 180^\circ$
Угла тангажа	$\pm 90^\circ$
Предельные угловые скорости	до 128°/сек
Угловые ускорения	до 1000°/сек ²
Линейные ускорения: - Рабочие - Предельные	$\pm 20 \text{ м/с}^2$ ($\pm 2g$) до $\pm 50 \text{ м/с}^2$ ($\pm 5g$)

Таблица 4. Режимы работы

Режим	Назначение
Выставка	<p>Определение начальных стояночных углов ориентации: истинного курса, углов крена и тангажа</p> <p>Время выставки: АВК – 7 мин (до 40°), 10 мин (от 40° до 70°), 17 мин (от 70° до 80°) ВЗК на всех широтах – 1,5 мин</p>
Навигация	<p>Определение и выдача пилотажно-навигационных параметров</p> <p>Инициализация происходит автоматически после завершения режима «Выставка»</p>
Курсовертикаль	<p>Определение и выдача пилотажно-навигационных параметров в ограниченном объёме при возобновлении электропитания после его аварийного пропадания в воздухе</p>
Тест-контроль	<p>Проведение анализа собственной работоспособности и выдача тестовых значений пилотажно-навигационных параметров</p> <p>Инициализируется на земле в режимах «Выставка» и «Навигация» при получении из комплекса разовой команды или управляющего слова с тестовой матрицей.</p> <p>В работе системы предусмотрена защитная блокировка: режим «Тест-контроль» не будет запускаться/продолжаться при отсутствии команды «Шасси обжато» и/или при значении путевой скорости выше 50 км/ч.</p>

Таблица 5. Информационный обмен

Система	Назначение	Характеристики
Вычислительный модуль самолётовождения ВМС	Приём начальных данных – координат местоположения, управляющих слов	ARINC429, ARINC704A, скорость приёма 12,0-14,5 Кбит/с Два канала приёма
Вычислительный модуль системы измерения воздушных сигналов ВМСИВД	Приём воздушных данных – барометрической высоты и абсолютной скорости	ARINC429, ARINC704A, скорость приёма 12,0-14,5 Кбит/с Два канала приёма
Спутниковая навигационная система СНС	Приём спутниковых данных	ARINC429, ARINC704A, ARINC743A скорость приёма 100 Кбит/с Два канала приёма

Конструкция системы БИНС-2015

В состав БИНС-2015 входят:

- блок инерциальный информационный БИИ-11;
- рама монтажная РМ-80;
- модуль конфигурационный МК-2015.

Блок БИИ-11 обеспечивает измерение первичной информации и вычисление навигационных и пилотажных параметров в соответствии с Протоколами информационного взаимодействия, которые подлежат согласованию для каждого объекта, на котором установлена система БИНС-2015. Конструктивно БИИ-11 герметизирован.

На объекте БИИ-11 устанавливается на раму монтажную РМ-80, обеспечивающей замену БИИ-11 без повторной юстировки.

МК-2015 хранит информацию об угловых юстировочных поправках РМ-80 относительно борта, разнесения антенны спутникового приемника относительно БИНС и другую служебную информацию. Данный модуль может быть использован

для разработки многоверсионного ПО, обеспечивающего установку БИНС-2015 на разные воздушные суда.



Рисунок 2. Составные части системы БИНС-2015

Состав блока БИИ-11

Составными частями блока БИИ-11 являются:

- моноблок;
- вычислитель ВИНС-2015;
- блок чувствительных элементов БЧЭ-3;
- жгут соединительный.

При помощи жгута соединительного, обеспечивается информационное взаимодействие субблоков между собой и их электропитание.



Рисунок 3. Состав блока БИИ-11

Вычислитель инерциальной навигационной системы ВИНС-2015 в системе БИНС-2015 предназначен для:

- реализации задач по приему и обработке цифровой информации от внешних бортовых систем;
- приёма и обработки информации, поступающей из БЧЭ-3;
- формирования и выдачи пилотажной и навигационной информации потребителю;
- приема и выдачи разовых команд;
- обмен информации с модулем МК-2015;
- приём меток времени.

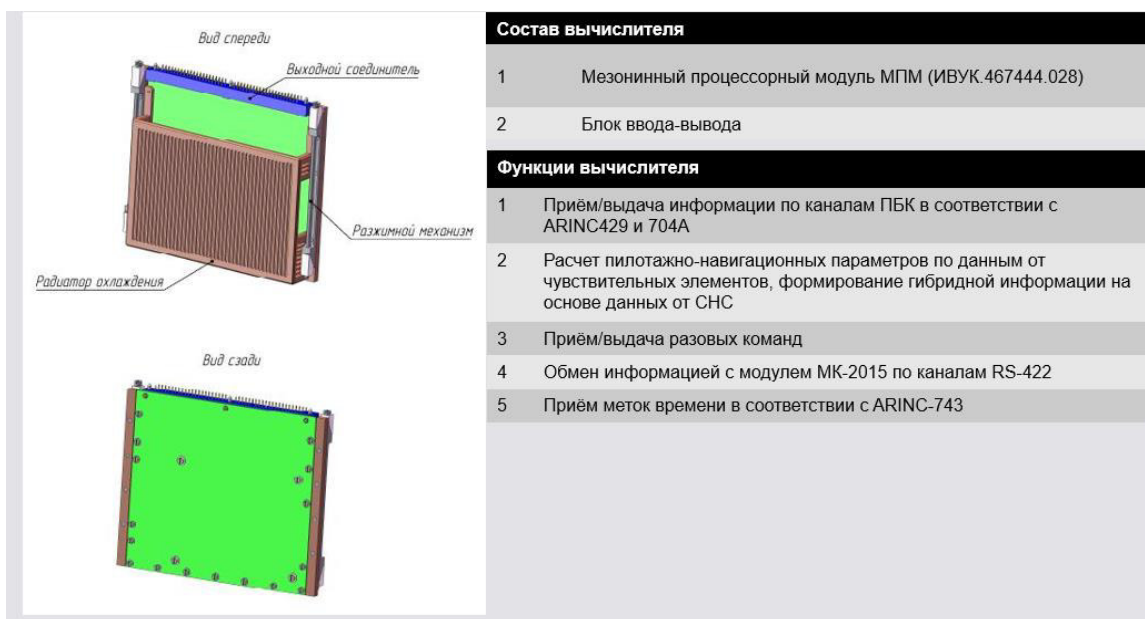


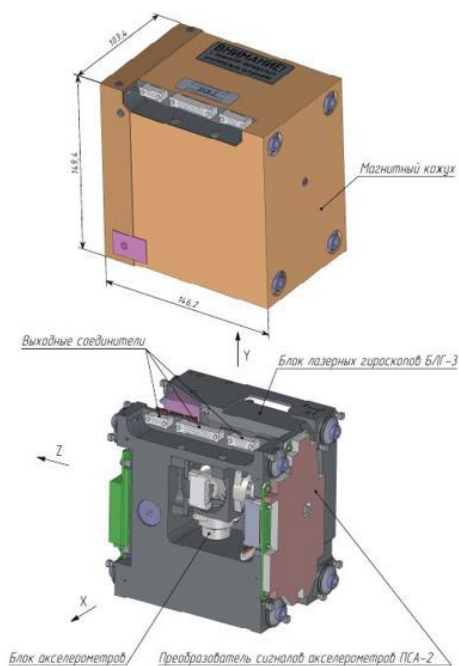
Рисунок 4. Вычислитель ВИНС-2015

Состав блока БЧЭ-3

Блок БЧЭ-3 состоит из трех основных частей:

- блок лазерных гироскопов БЛГ-3;
- блок акселерометров БА;
- преобразователь сигналов акселерометров ПСА-2.

Снаружи блок БЧЭ-3 практически полностью закрыт экранирующим кожухом и крышкой из пермалоевого сплава 79 НМ толщиной 0,6 мм для уменьшения влияния внешних магнитных воздействий. В кожухе и крышке имеются прорези для амортизаторов и трех выходных соединителей. Выходные соединители, установленные на корпусе БЛГ-3 и входящие в его состав, служат для электрической связи БЧЭ-3 с вычислителем и ИВП-5 через жгут соединительный.



Состав блока БЧЭ-3	
1	Блок лазерных гироскопов БЛГ-3
2	Блок акселерометров БА
3	Преобразователь сигналов акселерометров ПСА-2
Функции блока БЧЭ-3	
1	Измерение приращений углов поворота.
2	Измерение кажущихся линейных ускорений, действующих по трём осям
3	Передача данных в вычислитель по цифровому каналу передачи данных
4	Осуществление самоконтроля и выдача информации о своём состоянии
Конструктивные характеристики	
Габариты изделия (длина x ширина x высота)	100x149x151 мм
Масса изделия	3,5 кг

Рисунок 5. Внешний вид и назначение блока БЧЭ-3

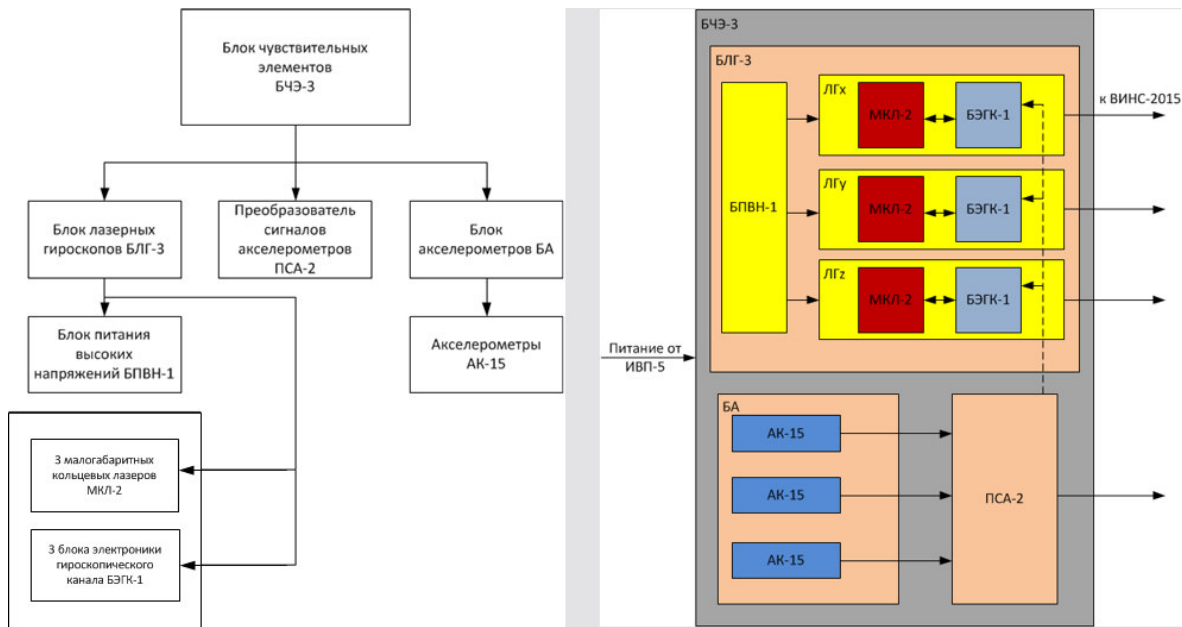


Рисунок 6. Состав блока БЧЭ-3

Блок БЛГ-3 предназначен для измерения приращений углов поворота и передачи их в вычислитель БИНС-2015 по цифровому каналу передачи данных.

Блок акселерометров БА предназначен для измерения кажущихся линейных ускорений, действующих по трём осям. Выходные аналоговые сигналы БА пропорциональны действующим ускорениям. В БЧЭ-3 используются серийные акселерометры АК-15, которые также применяются в системе БИМС-Т

ПСА-2 преобразовывает аналоговые сигналы акселерометров в цифровые с учетом алгоритмической температурной компенсации акселерометров и ПСА-2 в 24-разрядные двоичные коды и по интерфейсу RS-422 передает для дальнейшей обработки в систему.

Эксплуатация

Система БИНС-2015 предназначена для эксплуатации на самолетах гражданской авиации. Система БИНС-2015 прошла сертификационные испытания в 2024 г. Получено Свидетельство о годности комплектующего изделия СГКИ № FATA-04076С.

На данный момент продолжаются лётные испытания на среднемагистральном и ближнемагистральном самолётах. Уже накоплен значительный объем данных летных и стендовых экспериментов, подтверждающих точностные характеристики.

Ниже приведены результаты лётных испытаний системы БИНС-2015 на ближнемагистральном самолёте за февраль 2025 г.

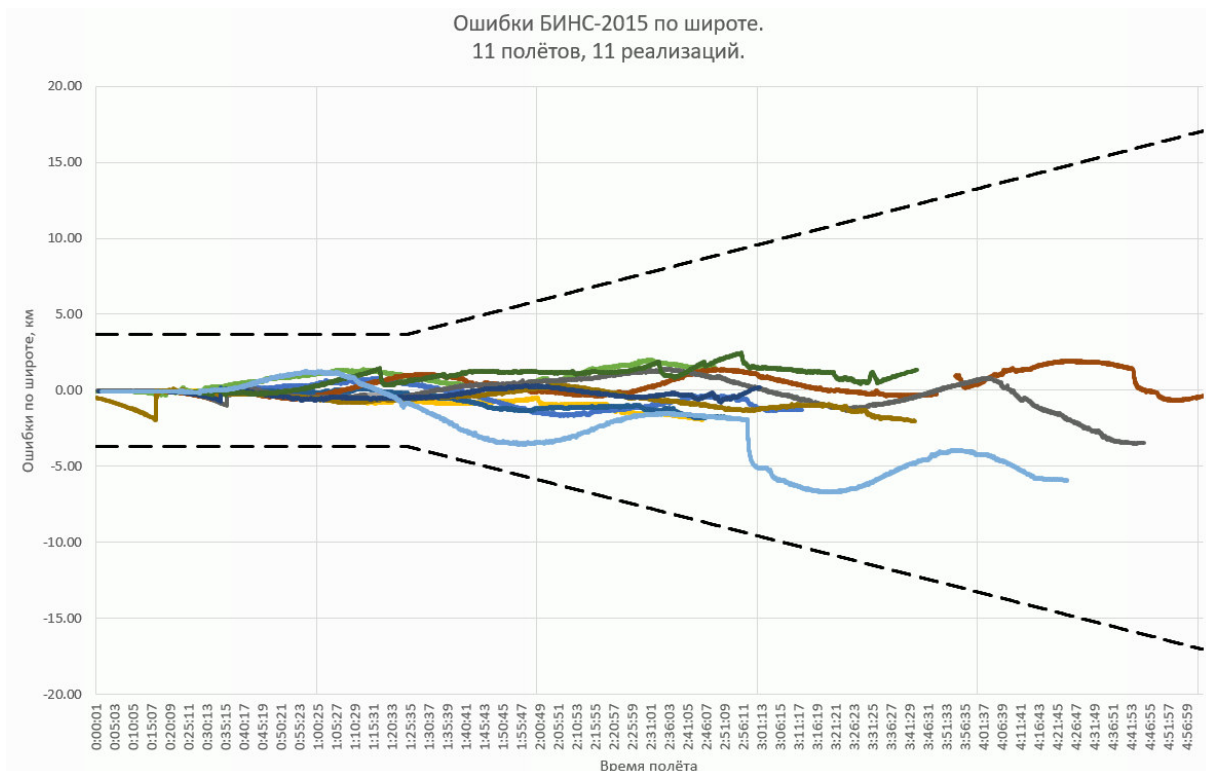


Рисунок 7. Погрешности долготы и границы допуска 3.7 км за час полета

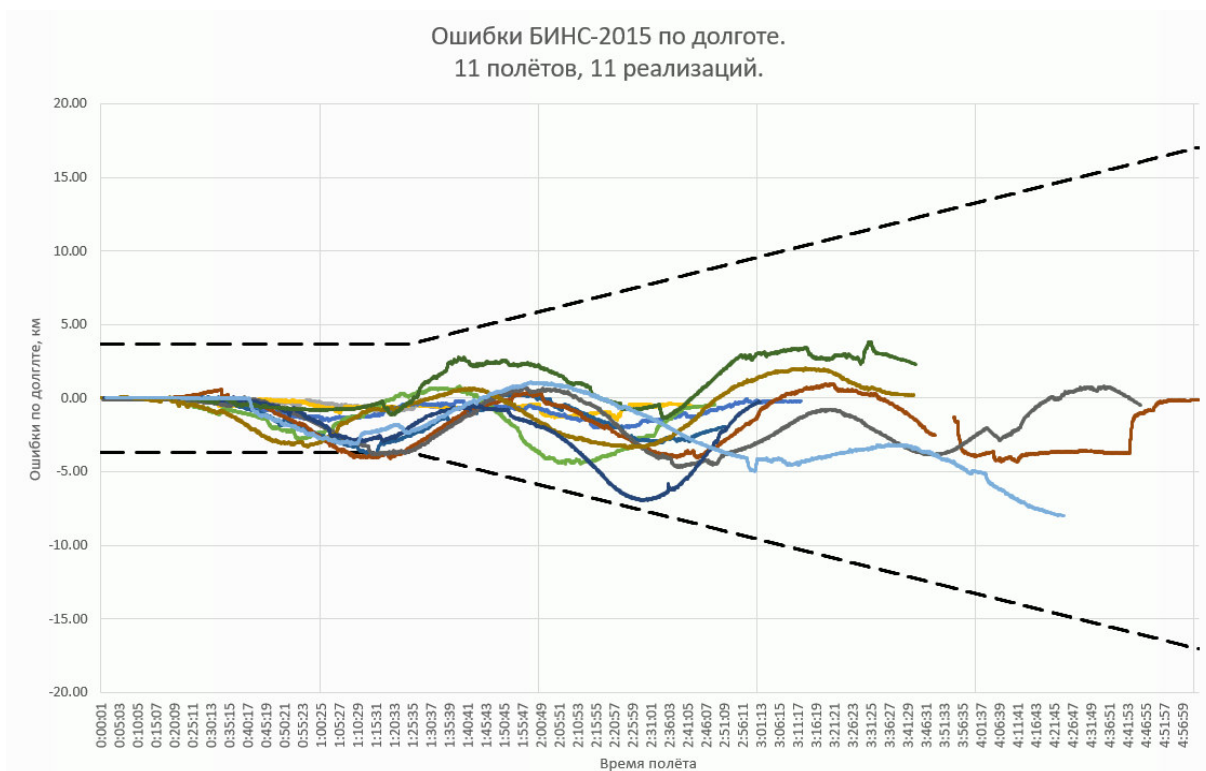


Рисунок 8. Погрешности широты и границы допуска 3.7 км за час полета

Выводы

Московским институтом электромеханики и автоматики разработана бесплатформенная инерциальная навигационная система БИНС-2015 для гражданской авиации на базе лазерных гироскопов и кварцевых акселерометров. Система получила СГКИ, начались серийные поставки (выпущено несколько десятков изделий), продолжаются лётные испытания на среднемагистральном и ближнемагистральном самолётах. Система подтвердила заявленные точностные характеристики, в том числе в условиях эксплуатации на самолётах с турбовинтовыми двигателями и в длительных перелётах.