

Создание инерциальной навигационной системы ИНС-80

Впервые в России создана авиационная БИНС первого класса точности ИНС-80. В системе реализован ряд новых научно-технических и конструктивных решений, по облегчению и оптимизации конструкции и повышению точности чувствительных элементов.

Для системы ИНС-80 разработан корпус из магниевых сплавов, созданы лазерные гироскопы с увеличенным периметром повышенной точности, реализована новая сервисная электроника, обеспечивающая алгоритмический (цифровой) вычет сигнала от частотной подставки без использования датчиков, измеряющих движение кольцевого лазера на виброподставке.

Точностные характеристики ИНС-80 в автономном режиме приведены в Таблице 1.

В ИНС-80 реализован гибридный инерциально-спутниковый режим по информации от внешней спутниковой навигационной системе (СНС).

Назначение и основные характеристики

Инерциальная навигационная система ИНС-80 предназначена для определения пилотажно-навигационной информации в следующих режимах:

- автономном инерциальном режиме счисления;
- инерциально-спутниковом (режим коррекции инерциальных данных по данным от внешней СНС).

ИНС-80 определяет и выдает в бортовое оборудование самолета:

- углы положения в пространстве и магнитный курс;
- координаты местоположения;
- составляющие путевой скорости;
- составляющие угловой скорости и линейного ускорения и другие пилотажно-навигационные параметры.

Режимы работы

Система работает в следующих режимах:

- «Выставка»;
- «Навигация»;
- «Курсовертикаль»;
- «Тест контроль».

Режим «Выставка» имеет следующие подрежимы:

- при выставке с гирокомпасированием (ГК) – 10 мин.;
- при ускоренной выставке с гирокомпасированием (УВ) – 5 мин.;
- при автономной выставке по заданному курсу (ЗК) – 3 мин.;
- при повторном запуске (ПЗ) (с переходом в «Курсовертикаль») – 3 мин.

Режим «Выставка» предназначен для оценки ориентации осей ИНС относительно базовой системы координат перед режимом «Навигация».

В режиме «Навигация» ИНС-80 определяет и выдает внешним устройствам пилотажные и навигационные параметры в инерциальном и гибридном режимах.

В режим «Курсовертикаль» ИНС-80 переходит в случае отключения электропитания в полете с последующим его включением.

Режим «Юстировка» выполняется с целью определения и компенсации углов рассогласования по крену $\Delta\gamma_0$, тангажу $\Delta\theta_0$ и курсу $\Delta\psi_0$ между осями ИНС и строительными осями самолета.

Точностные характеристики

Таблица 1. Точностные характеристики системы ИНС-80

Наименование параметра	Подрежимы выставки	
	Выставка ГК, Выставка ЗК (при вводе курса с точностью не менее 0,05°)	Выставка УВ
Инерциальный режим работы, (с доверительной вероятностью 0,95)		
Погрешность определения географических координат, км за первый час полета за последующее время полета t [ч], $1 \leq t \leq 30$	0,92 $0,92+0,925 \cdot (t-1)$	1,85 $1,85+1,85 \cdot (t-1)$
Погрешность определения путевой скорости и ее составляющих, м/с	1	2
Погрешность определения углов, град: крен, тангаж, курс	0,05 $0,05+0,025 t$	
Гибридный режим работы		
Погрешность определения географических координат, при значении геометрического фактора не более трёх и числе рабочих спутников не менее четырёх, м	100	

Информационный обмен

ИНС-80 взаимодействует с внешними устройствами по следующим линиям связи:

- прием и выдача информации по мультиплексному каналу информационного обмена по ГОСТ Р 52070-2003;

- прием и выдача информации по линиям связи последовательным биполярным кодом по РТМ 1495-75 изм.3;

Управление системой, прием начальных данных и информации от спутниковой системы происходит по мультиплексному каналу обмена.

Метку времени от СНС система принимает по витой паре.

Прием информации от системы воздушных сигналов происходит по линии связи последовательным биполярным кодом.

Требования к ВВФ

Система относится к группе исполнения 3.2.1 ГОСТ РВ 20.39.304-98.

Требования по стойкости, прочности и устойчивости к внешним воздействующим факторам приведены в таблице 2.

Таблица 2

Внешний воздействующий фактор (ВВФ)	Характеристика ВВФ	Максимальное значение ВВФ, предъявляемое требование
Широкополосная случайная вибрация	Характеристики воздействующего фактора приведены в таблице 3	
Акустический шум	Диапазон частот, Гц	50-10000
	Уровень звукового давления, дБ	130
Линейное ускорение	Линейная перегрузка по осям X, Y, Z, м/с ² (g); к узлам крепления	50(5) 100(10)
	Пиковое значение $n_x = n_y = n_z$, м/с ² (g)	150(50)
Механический удар одиночного действия для узлов крепления аппаратуры	Длительность действия, мс	15
	Количество ударов при испытаниях на прочность и устойчивость по каждой из осей X, Y, Z	3

Механический удар многократного действия	Пиковое значение $n_x = n_y = n_z$, м/с ² (g)	60 (6)
	Длительность действия, мс	20
Атмосферное пониженное давление (Pн)	Значение при эксплуатации, Па(мм рт.ст.)	7500(56)
Изменение атмосферного давления (Pн)	Диапазон изменения, Па (мм рт. ст)	75 - 7,5 (560 - 56)
	Время изменения давления, с, не более	15
Пониженная температура среды	Рабочая, °С	минус 60
	Предельная, °С	минус 65
Повышенная температура среды	Рабочая, °С	55
	Рабочая кратковременная, °С	70
	Предельная, °С	85
Циклическое изменение температуры	От предельной повышенной до предельной пониженной, °С	От минус 65 до 85
Повышенная влажность воздуха	Относительная влажность при температуре 35 °С, %	98
Пониженная влажность воздуха	Относительная влажность при температуре 30 °С, %	20
Статическая пыль (песок)	Скорость циркуляции, м/с	0,5 – 1,0
	Концентрация, г/м ³	3
Соляной (морской) туман	Водность, г/м ³	2 – 3
	Температура, °С	35
	Дисперсность, мкм, не более	20
Атмосферные конденсированные осадки (роса и внутреннее обледенение)	Пониженная температура среды, °С	минус 65
	Атмосферное пониженное давление, Па (мм рт. ст), не менее	22670 (170)
	Относительная влажность при температуре 35 °С, не менее, %	95
Плесневые грибы	Повышенная влажность, %	95 – 98
	Температура, °С	29

Таблица 3

Параметры ШСВ			
Диапазон частот, Гц		Спектральная плотность ускорения, $g^2/ Гц$	Суммарное среднеквадратическое значение, g
Разбег - пробег	10 – 50	0,05	2,2
	50 – 150	0,05 – 0,005	
	150 – 500	0,0005	
Работа на этапе	10 – 20	0,05 – 0,02	1,5
	20 – 50	0,02	
	50 – 150	0,02 – 0,0005	
	150 – 2000	0,0005	

Условия эксплуатации

ИНС-80 сохраняет свои характеристики в следующих условиях эксплуатации:

- географическая широта $\pm 90^\circ$;
- географическая долгота $\pm 180^\circ$;
- высота полета
 - рабочая до 15 000 м;
 - предельная до 18 000 м;
- путевая скорость полета до 1500 км/ч;
- углы крена $\pm 180^\circ$;
- углы тангажа $\pm 90^\circ$;
- угловые скорости предельные по:
 - продольной оси до $400^\circ/с$;
 - поперечной оси до $400^\circ/с$;
 - вертикальной оси до $400^\circ/с$.
- перегрузки рабочие до $\pm 10 g$;
 - продольной оси $\pm 5 g$;
 - поперечной оси $\pm 1,2 g$;
 - вертикальной оси от минус 4 g до 9,0 g.

Конструкция системы

Внешний вид системы ИНС-80 приведен на рисунках 1 и 2.



Рисунок 1. Внешний вид системы ИНС-80

Габариты системы 230x355x226 мм

Масса (без учета ответных частей соединителей) - не более 16,5 кг

Система выполнена в виде герметичного моноблока, содержащего блок чувствительных элементов и вычислитель.

На рисунке 2 представлена структурно-функциональная схема ИНС-80.

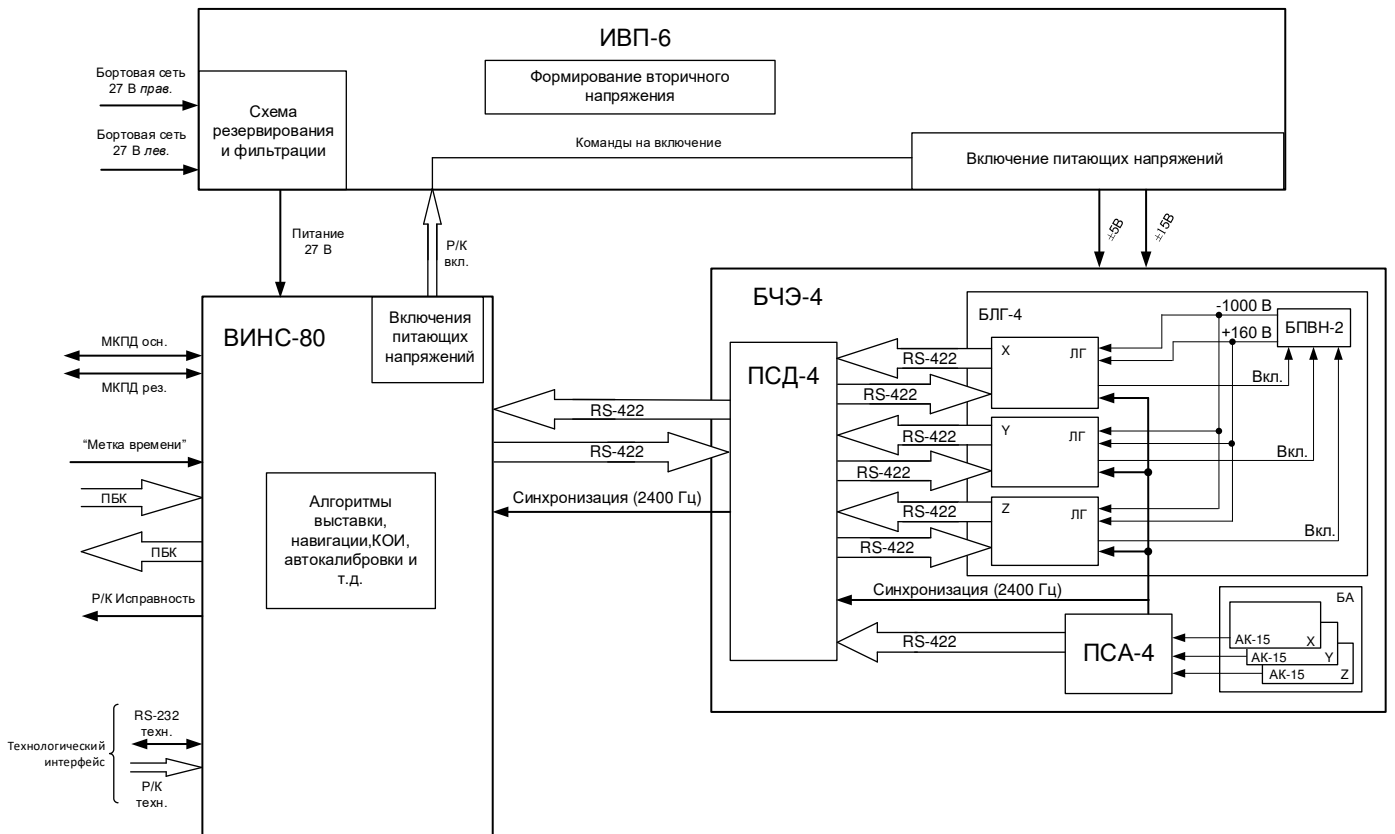


Рисунок 2. Структурно-функциональная схема ИНС-80.

Электропитание ИНС-80 осуществляется постоянным током напряжением 27 В от двух независимых источников электропитания.

Потребляемая мощность - не более 70 Вт.

Источник вторичного питания ИВП-6 передает 27В на вычислитель ВИНС-80 и формирует дополнительные номиналы питания для блока чувствительных элементов БЧЭ-4.

БЧЭ-4 состоит из блока акселерометров БА и блока лазерных гироскопов БЛГ-4. Измеренные данные через ПСД-4 передаются в ВИНС-80 для вычисления пилотажно-навигационных параметров.

ВИНС-80 производит вычисления на основе данных полученных от БЧЭ-4, от внешней спутниковой системы и от внешней системы воздушных сигналов.

Стадия разработки

Система ИНС-80 успешно прошла предварительные испытания, по результатам испытаний ей была присвоена литера «О».

Пример реализации эксперимента на передвижной лаборатории. В качестве внешней спутниковой системы использовалась система БИНС-СП-2 производства ПАО «МИЭА». Спутниковая информация поступала в ИНС-80 по линии ПБК РТМ 1495-75 изм.3 и сопровождалась меткой времени.

Результаты эксперимента, графики накопления ошибок по координатам и скоростям, представлены на рисунках 3, 4.

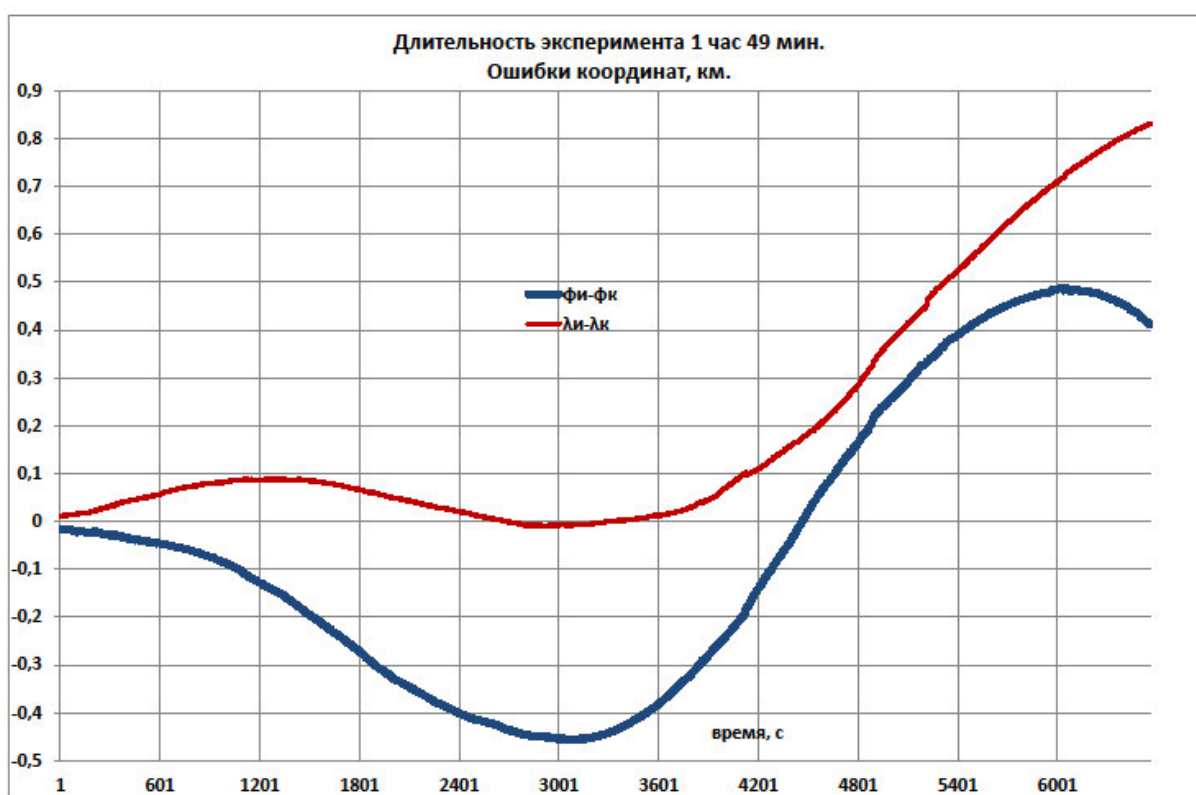


Рисунок 3. Результаты эксперимента на подвижном объекте.
Ошибка определения координат

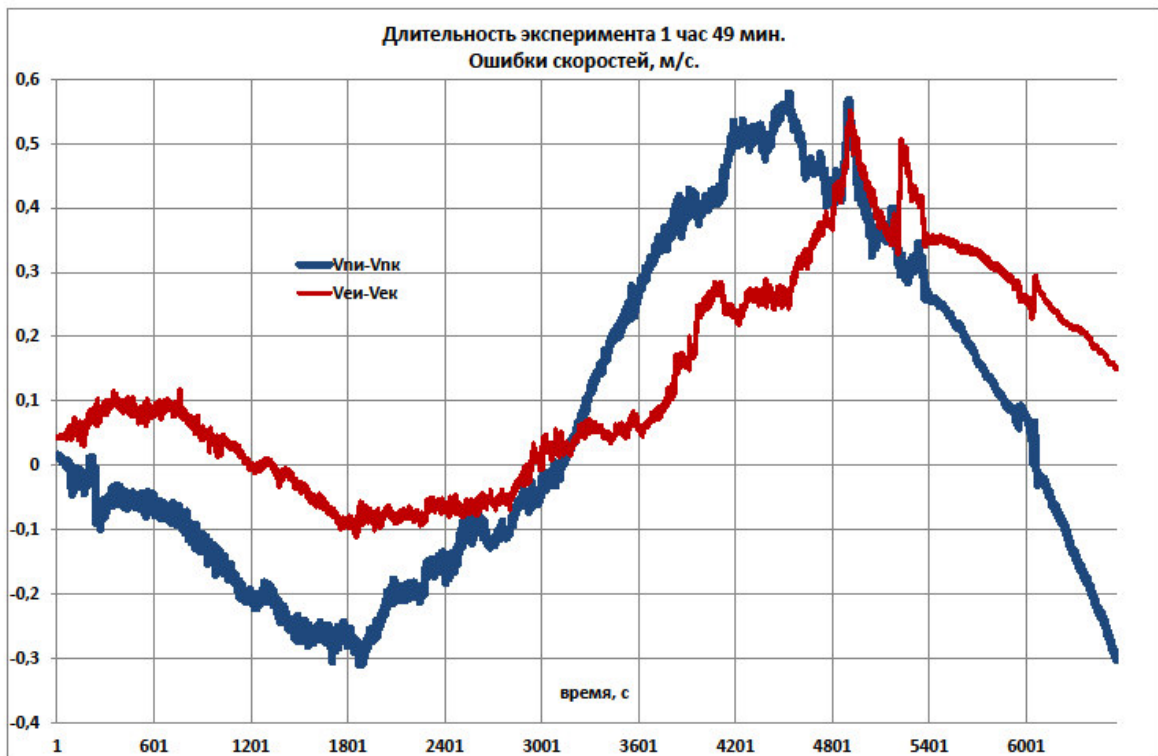


Рисунок 4. Результаты эксперимента на подвижном объекте.
Ошибка определения скоростей

Результат эксперимента демонстрирует, что система ИНС-80 на движущемся объекте соответствует требованиям к системам первого класса точности.

С 04.06.24 начались межведомственные испытания ИНС-80 и в настоящий момент находятся в завершающей стадии. В период с 04.06.24 по 15.11.24 на базе ПАО «МИЭА» были проведены:

- испытания на механические воздействия: прочность и устойчивость к ШСВ, одиночные и многократные удары, линейные ускорения, прочность при транспортировании;
- испытания на климатические воздействия: пониженная и повышенная температура, пониженная и повышенная влажность, пониженное и повышенное давление, атмосферные конденсированные осадки, статическая пыль (песок);
- проверки точностных характеристик;
- проверка соответствия требованиям электропитания ГОСТ Р 54073-2017.

Ранее, на этапе предварительных испытаний, были успешно пройдены испытания на электромагнитную совместимость в АО «НИИАО», испытания на молниестойкость и микросекундные импульсы большой энергии в АО «ОБОРОНТЕСТ», испытания на соляной (морской) туман в НПО «НАУКА» и испытания на устойчивость к плесневым грибам в ФГБУ «ВНИИР».

Пройденные испытания, стендовые отработки и отработки на передвижной лаборатории подтверждают соответствие системы ИНС-80 требованиям ТЗ и первого класса точности.

На данный момент система ИНС-80 готовится к проведению испытаний на воздействие специальных факторов в АО «НИИП». Испытания на спецфакторы является завершающим испытание МВИ ИНС-80.