



ООО «Текнол»
117246, Москва, Научный
проезд, д. 20, стр.2

e-mail: contact@teknol.ru
<http://www.teknol.ru>

Инерциальная
навигационная система
«КомпаНав-5.2» для
авиационного применения
Техническое описание

2015

1 Введение

«КомпаНав-5.2» - инерциальная навигационная система, построенная на базе блока инерциальных чувствительных элементов российского производства. В состав блока чувствительных элементов входят кварцевые акселерометры и волоконно-оптические гироскопы (ВОГ). Система обеспечивает непрерывную выдачу полного набора навигационных данных: координаты местоположения, параметры движения и углы ориентации. Для начальной выставки навигационной системы по координатам и коррекции навигационного решения в процессе работы используется встроенный приёмник спутниковой навигационной системы (ГЛОНАСС/GPS), способный выдавать навигационную информацию в формате NMEA 0183¹.

Особенности:

- длительное (1 час и более) определение координат и параметров движения в автономном режиме
- подключение к внешнему датчику СВС
- отсутствие необходимости в периодическом техническом обслуживании

¹ NMEA 0183 – стандарт передачи данных, разработанный и поддерживаемый Национальной Ассоциацией Морской Электроники (National Marine Electronic Association), США

2 Технические характеристики

В состав инерциальной навигационной системы «КомпаНав-5.2» входит блок инерциальных чувствительных элементов, состоящий из трех кварцевых акселерометров и трех волоконно-оптических гироскопов, а также барометрический высотомер и приемник спутниковой навигационной системы (СНС). Все датчики и приёмник СНС расположены в общем корпусе.



Рисунок 1 Внешний вид навигационной системы «КомпаНав-5.2»

2.1 Технические характеристики

Физические	
Габариты	208 x 146 x 125 мм
Масса, не более	6 кг
Электрические	
Напряжение питания	=12..30 В
Потребляемая мощность	25 Вт (не более)
Данные	
Частота выдачи	100 Гц
Интерфейсы	RS-232 (2 шт.), RS-422 (2 шт.)
Время азимутальной выставки с коррекцией от СНС, мин движения	10
Окружающая среда	
Рабочая температура	-20..+60°C
Температура хранения	-40..+80°C
Удар многократный	50g (3 мс)
Удар однократный	120g (1 мс)
Вибрация синусоидальная	2g (20..20000 Гц)
Рабочие диапазоны	
Угловые скорости	300 °/с
Линейное ускорение	±10g
Тангаж	±90°
Крен	±180°
Курс	0..360°
Высота	20000 м
Эксплуатационные характеристики	
Наработка на отказ	20000 ч
Срок службы	7 лет

2.2 Точностные характеристики

	Интегрированный режим ИНС/СНС	Интегрированный режим ИНС/СВС
Горизонтальные координаты	6 м	2 мор. мили* за час полёта (СЕР)
Путевая скорость	0,1 м/с	1,5 м/с
Вертикальная скорость	0,15 м/с	0,25 м/с
Крен, тангаж		
динамическая точность	0,07°	0,1°
Курс (после 10 мин инициализации от СНС)		
динамическая точность	0,2°	0,5° за 1 ч
Высота	4 м	8 м

* требуется инициализация от СНС в течение 10 минут

Если не указано иначе, значения соответствуют величине 1σ .

3 Эксплуатация

3.1 Установка

Навигационная система устанавливается на горизонтальную поверхность таким образом, чтобы направление стрелки, маркированной на верхней крышке, соответствовало направлению движения летательного аппарата. Контактные разъёмы на боковой стороне блока при этом направлены в сторону, обратную направлению движения. Ориентация осей чувствительных элементов показана на верхней крышке блока навигационной системы. Допуски на установку навигационной системы в плоскости горизонта и по продольной оси транспортного средства составляют $\pm 5^\circ$. Оптимальным является расположение блока чувствительных элементов вблизи от центра масс объекта навигации.

Для крепления блока навигационной системы в корпусе предусмотрены 3 выступа с отверстиями $\varnothing 6,5$ мм.

Антенна приёмника СНС устанавливается на открытой поверхности объекта таким образом, чтобы обеспечить надёжное крепление в соответствующих условиях эксплуатации. Установка антенны должна обеспечивать максимальный обзор верхней полусферы небосвода.

Сборка навигационной системы осуществляется путем присоединения коммутационного кабеля к соответствующим разъемам и установки антенны СНС.

4 Характеристики обмена данными

Выдача бинарных данных осуществляется с частотой 100 Гц пакетами постоянной длины (см. описание выходного пакета). По согласованию с заказчиком возможно изменение набора данных выходного пакета. Используемый разъём типа DB9F имеет стандартную разводку для подключения к последовательному порту персонального компьютера.

4.1 Настройки порта

Бод	115200
Количество бит на символ	8
Количество стоповых битов	1
Контроль чётности	Отсутствует
Управление потоком	Отсутствует
RnP поддержка	Отсутствует

4.2 Описание протокола обмена

Данные передаются пакетами байтов. Структура пакета данных:

- 1) Заголовок (2 байта).
- 2) Тело пакета (поля данных)
- 3) Контрольная сумма (2 байта).

Заголовок каждого пакета состоит из 16 бит и уникален для каждого типа пакета. Контрольная сумма вычисляется применением бинарной операции XOR на весь пакет, представленный в виде массива 16 битных величин, кроме самой контрольной суммы.

Все данные (int, float, long) передаются пользователю в формате, совместимом с ПК на базе x86 процессора, поля данных в байтовом потоке передаются в таком же порядке, что и хранятся в памяти ПК², т.е. сначала идут младшие байты, затем старшие.

Пакеты передаются пользователю без запроса и содержат:

- а) информацию приёмника СНС;
- б) комплексированную информацию;
- в) параметры движения объекта.

² В байтовом представлении адресуемой памяти

4.2.1 Информация приемника СНС

Информация приёмника СНС содержит данные, принятые навигационной системой и переданные бинарными значениями в соответствующем формате. Прибор принимает данные СНС в стандартном формате NMEA (посылки GGA, RMC, GSA, GSV, все с частотой 1 Гц) и выдает следующие основные данные спутниковой навигационной системы:

- путевой угол СНС;
- путевая скорость СНС;
- широта, долгота СНС (WGS 84);
- высота СНС;
- UTC³ время;
- количество спутников;
- оценки точности GPS (PDOP, HDOP, VDOP)

4.2.2 Комплексируемая информация

Комплексируемая информация является результатом совместной обработки данных инерциальных датчиков и информации спутниковой навигационной системы, выдаётся с частотой 100 Гц:

- угол крена;
- курс;
- угол тангажа;
- горизонтальная скорость;
- вертикальная скорость;
- широта, долгота;
- высота;
- барометрическая высота;
- время работы блока в режиме навигации;
- время работы блока с момента включения.

4.2.3 Параметры движения объекта

Параметры углового и линейного движения объекта являются результатом пересчета «сырых» данных инерциальных датчиков в связанной системе координат:

- угловые скорости в связанной системе координат
- кажущиеся ускорения в связанной системе координат;

Пакет №0 отправляется потребителю навигационной информации с частотой 100 Гц. Пакеты №1–№12 отправляются между пакетами №0 по мере поступления навигационной информации от приёмника СНС, т.е. с частотой 1 Гц.

³

UTC – Universal Time Coordinated всемирное координированное время

Таблица 1. Пакет №0

Номер поля	Тип	Значение																					
1	unsigned short int	0xFACE – заголовок данного пакета																					
2	short int	<p>Флаги состояния. Значения флагов по маске:</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>маска</th> <th>“1”</th> <th>“0”</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>0x0001 (1 bit)</td> <td>GPSTimeOut (GPS выдаёт ошибочные координаты)</td> <td>GPSTimeOut (GPS выдаёт координаты с достаточной точностью)</td> </tr> <tr> <td>0x0002 (1 bit)</td> <td>Stop (детектор движения определил остановку)</td> <td>Move</td> </tr> <tr> <td>0x0004 (1 bit)</td> <td>RMC_Valid(код режима приёмника GPS из RMC пакета)</td> <td>RMC_Invalid(код режима приёмника GPS из RMC пакета)</td> </tr> <tr> <td>0x0030 (2 bits)</td> <td>GGA qual value (код режима приёмника GPS из GGA пакета)</td> <td></td> </tr> <tr> <td>0x0100 (1 bit)</td> <td>Nav (блок в режиме навигации)</td> <td>Align(блок в режиме выставки (не двигать))</td> </tr> <tr> <td>0x3000 (2 bits)</td> <td>GSA CALCMODE (код режима приёмника GPS из GSA пакета)</td> <td></td> </tr> </tbody> </table>	маска	“1”	“0”	0x0001 (1 bit)	GPSTimeOut (GPS выдаёт ошибочные координаты)	GPSTimeOut (GPS выдаёт координаты с достаточной точностью)	0x0002 (1 bit)	Stop (детектор движения определил остановку)	Move	0x0004 (1 bit)	RMC_Valid(код режима приёмника GPS из RMC пакета)	RMC_Invalid(код режима приёмника GPS из RMC пакета)	0x0030 (2 bits)	GGA qual value (код режима приёмника GPS из GGA пакета)		0x0100 (1 bit)	Nav (блок в режиме навигации)	Align(блок в режиме выставки (не двигать))	0x3000 (2 bits)	GSA CALCMODE (код режима приёмника GPS из GSA пакета)	
маска	“1”	“0”																					
0x0001 (1 bit)	GPSTimeOut (GPS выдаёт ошибочные координаты)	GPSTimeOut (GPS выдаёт координаты с достаточной точностью)																					
0x0002 (1 bit)	Stop (детектор движения определил остановку)	Move																					
0x0004 (1 bit)	RMC_Valid(код режима приёмника GPS из RMC пакета)	RMC_Invalid(код режима приёмника GPS из RMC пакета)																					
0x0030 (2 bits)	GGA qual value (код режима приёмника GPS из GGA пакета)																						
0x0100 (1 bit)	Nav (блок в режиме навигации)	Align(блок в режиме выставки (не двигать))																					
0x3000 (2 bits)	GSA CALCMODE (код режима приёмника GPS из GSA пакета)																						
3	long int	Индекс циклов работы блока после включения (50 единиц в секунде)																					
4	long int[16]	Зарезервировано																					
5	float	Курс комплексированный (градусы) (от 0 до 360)																					
6	float	Зарезервировано																					
7	float	Зарезервировано																					
8	float	Зарезервировано																					
9	float	Давление (Па)																					
10	float	Тангаж (градусы) (от -90 до 90)																					
11	float	Крен (градусы) (от -180 до 180)																					
12	float	Путевой угол (градусы) (от 0 до 360)																					
13	float	Зарезервировано																					
14	float	Широта до десятичной точки (градусы)																					
15	float	Широта после десятичной точки (градусы)																					
16	float	Долгота до десятичной точки (градусы)																					
17	float	Долгота после десятичной точки (градусы)																					
18	float	Скорость (м/с)																					
19	float	Высота (м)																					
20	float	Число g (1 ед = 9.81 м/с ²)																					
21	float	Скорость подъёма (м/с)																					
22	float	Барометрическая высота (м)																					
23	long int	Индекс циклов работы блока после начала навигации																					
24	float	Кажущееся ускорение по оси X связной СК (м/с ²)																					
25	float	Кажущееся ускорение по оси Y связной СК (м/с ²)																					
26	float	Кажущееся ускорение по оси Z связной СК (м/с ²)																					
27	float	Угловая скорость вокруг оси X связной СК(град/с)																					
28	float	Угловая скорость вокруг оси Y связной СК(град/с)																					
29	float	Угловая скорость вокруг оси Z связной СК(град/с)																					
30	float	Проекция скорости на восточную ось (X) (м/с)																					

31	float	Проекция скорости на северную ось (Y) (м/с)
32	unsigned short int	Контрольная сумма (XOR 16 бит)

Таблица 2. Пакет №1⁴

Номер поля	Тип	Значение
1	unsigned short int	0xA511 – заголовок данного пакета
2	float	Широта RMC до десятичной точки (градусы)
3	float	Широта RMC после десятичной точки (градусы)
4	float	Долгота RMC до десятичной точки (градусы)
5	float	Долгота RMC после десятичной точки (градусы)
6	float	Скорость RMC (м/с)
7	float	Путевой угол RMC (направление скорости)
8	short int	GSA PDOP (умноженный на 100)
9	short int	GSA HDOP (x 100)
10	short int	GSA VDOP (x 100)
11	short int	Флаги состояния (те же, что в поле 2 пакета №0)
12	unsigned short int	Контрольная сумма (XOR 16 бит)

4

RMC, GSA, GGA – это NMEA посылки CHC

Таблица 3. Пакет №2

Номер поля	Тип	Значение
1	unsigned short int	0xA522 – заголовок данного пакета
2	float	Широта GGA до десятичной точки (градусы)
3	float	Широта GGA после десятичной точки (градусы)
4	float	Долгота GGA до десятичной точки (градусы)
5	float	Долгота GGA после десятичной точки (градусы)
6	float	GGA HDOP
7	float	Высота GGA (м)
8	float	GGA UTC время в секундах
9	long int	RMC Дата в целочисленном формате, составленном из цифр текущей даты: ддммгг
10	unsigned short int	Контрольная сумма (XOR 16 бит)

Таблица 4. Пакет №3

Номер поля	Тип	Значение
1	unsigned short int	0xA533 – заголовок данного пакета
2	float	RMC UTC время в секундах
3	float	RMC магнитное склонение
4	short int	Массив идентификаторов спутников ID[12] из протокола GSA
5	unsigned short int	Контрольная сумма (XOR 16 бит)

Таблица 5. Пакет №4

Номер поля	Тип	Значение
1	unsigned short int	0xA544 – заголовок данного пакета
2	short int	Кол-во спутников GGA
3	short int	GGA HDIFF – разница высот между геоидом и эллипсоидом WGS84
4	short int	Кол-во обозреваемых NAVSTAR спутников GSV
5	short int	Массив идентификаторов спутников ID[12] GSV
6	short int	Режим работы блока 0 – Вертолётный режим 1 – Поверочный режим 2 – Авиационный режим
7	unsigned short int	Контрольная сумма (XOR 16 бит)

Таблица 6. Пакет №5

Номер поля	Тип	Значение
1	unsigned short int	0xA555 – заголовок данного пакета
2	short int	Массив ELEV[12] углов возвышения спутников GSV (градусы)
3	short int	Массив z[4], зарезервировано
4	unsigned short int	Контрольная сумма (XOR 16 бит)

Таблица 7. Пакет №6

Номер поля	Тип	Значение
1	unsigned short int	0xA566 – заголовок данного пакета
2	short int	Массив AZIM[12] азимутов спутников GSV (градусы)
3	short int	Массив z[4], зарезервировано
4	unsigned short int	Контрольная сумма (XOR 16 бит)

Таблица 8. Пакет №7

Номер поля	Тип	Значение
1	unsigned short int	0xA577 – заголовок данного пакета
2	short int	Массив SN[12] отношений сигнал/шум GSV (dB Hz)
3	short int	Массив z[4], зарезервировано
4	unsigned short int	Контрольная сумма (XOR 16 бит)

Таблица 9. Пакет №8

Номер поля	Тип	Значение
1	unsigned short int	0xA588 – заголовок данного пакета
2	float	RMC UTC время в секундах
3	float	RMC магнитное склонение
4	short int	Массив идентификаторов спутников ID[12] из протокола GSA
5	unsigned short int	Контрольная сумма (XOR 16 бит)

Таблица 10. Пакет №9

Номер поля	Тип	Значение
1	unsigned short int	0xA599 – заголовок данного пакета
2	short int	Кол-во спутников GGA
3	short int	GGA HDIFF – разница высот между геоидом и эллипсоидом WGS84
4	short int	Кол-во обозреваемых ГЛОНАСС спутников GSV
5	short int	Массив идентификаторов спутников ID[12] GSV
6	short int	Режим работы блока 0 – Вертолётный режим 1 – Поверочный режим 2 – Авиационный режим
7	unsigned short int	Контрольная сумма (XOR 16 бит)

Таблица 11. Пакет №10

Номер поля	Тип	Значение
1	unsigned short int	0xA5AA – заголовок данного пакета
2	short int	Массив ELEV[12] углов возвышения спутников GSV (градусы)
3	short int	Массив z[4], зарезервировано

4	unsigned short int	Контрольная сумма (XOR 16 бит)
---	-----------------------	--------------------------------

Таблица 12. Пакет №11

Номер поля	Тип	Значение
1	unsigned short int	0xA5BB – заголовок данного пакета
2	short int	Массив AZIM[12] азимутов спутников GSV (градусы)
3	short int	Массив z[4], зарезервировано
4	unsigned short int	Контрольная сумма (XOR 16 бит)

Таблица 13. Пакет №12

Номер поля	Тип	Значение
1	unsigned short int	0xA5CC – заголовок данного пакета
2	short int	Массив SN[12] отношений сигнал/шум GSV (dB Hz)
3	short int	Массив z[4], зарезервировано
4	unsigned short int	Контрольная сумма (XOR 16 бит)

Типы данных, приведённые выше, соответствуют следующим стандартным типам:

Таблица 14. Соответствие стандартным типам

	Borland C++ v5	Borland C++ Builder5	Borland Delphi 4...	Borland Turbo Pascal7	Количество бит
BYTE	unsigned char	unsigned char	Byte	Byte	8
INT	short Int	short Int	Smallint	Integer	16
LONG	long int	long int	Longint	Longint	32
FLOAT	float	float	Single	Single	32

Приложение 1

Габаритный чертеж

