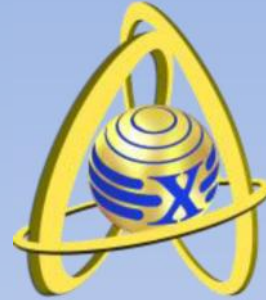


**Державне космічне агентство України**



**НАУКОВО-ВИРОБНИЧЕ ПІДПРИЄМСТВО ХАРТРОН-АРКОС ЛТД  
(ТОВАРИСТВО З ОБМЕЖЕНОЮ ВІДПОВІДАЛЬНІСТЮ)**

**СТВОРЕННЯ НАВІГАЦІЙНИХ СИСТЕМ ДЛЯ  
КОСМІЧНИХ АПАРАТІВ, РАКЕТ-НОСІЇВ І  
БЕЗПІЛОТНИХ ЛІТАЛЬНИХ  
АПАРАТІВ**

**2019**



# БЕЗПЛАТФОРМНИЙ АСТРОІНЕРЦІАЛЬНИЙ БЛОК (БАІБ)

## Призначення

- визначення проєкцій вектора кутової швидкості космічного апарата на осі приладової системи координат (ПСК) БАІБ;
- визначення параметрів орієнтації ПСК БАІБ відносно інерціального простору (другої екваторіальної системи координат).

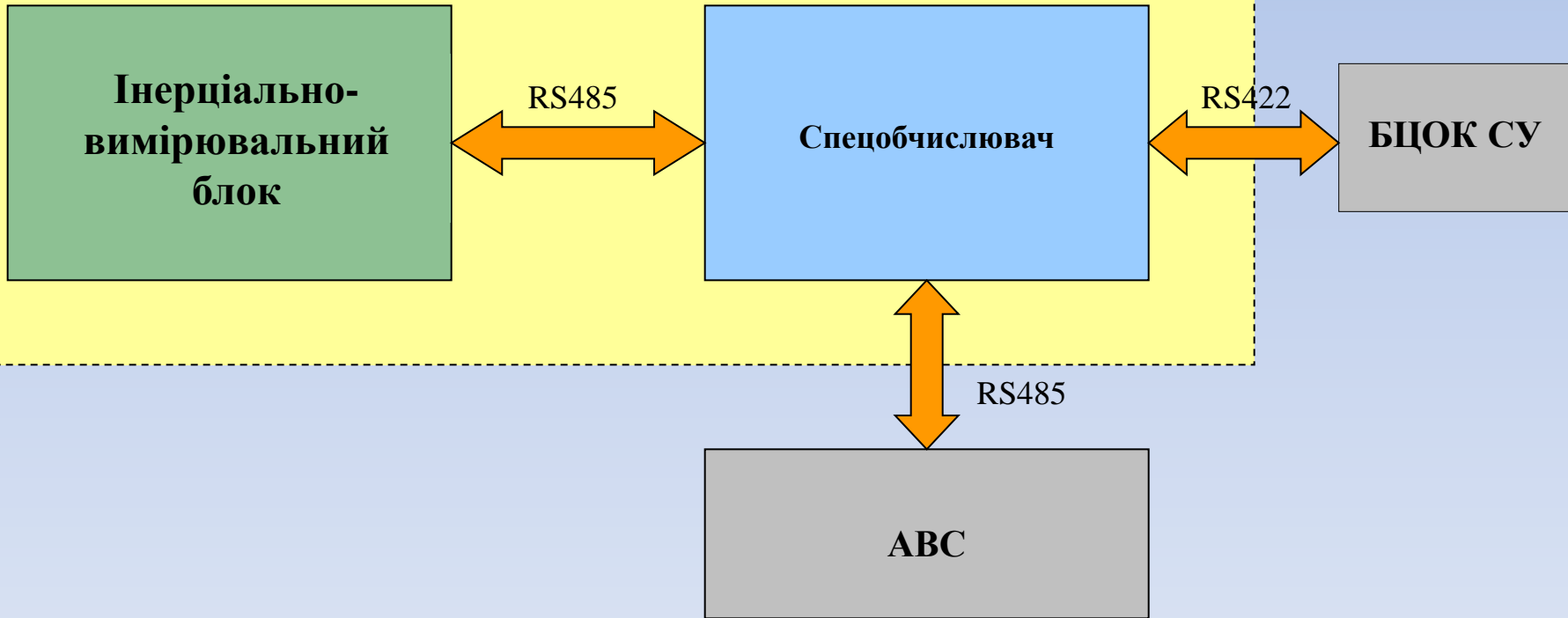


БАІБ створено на базі волоконно-оптичних гіроскопів. Для початкової виставки і корекції використовується інформація астровимірювальної системи (АВС).



# Структурна схема БАІБ

## Безплатформний астроінерціальний блок





# Основні технічні характеристики БАІБ

Найменування характеристики	Значення
Точність	- орієнтація..... 30" - швидкість..... 0,1°/ч
Готовність, мин	30
Енергоспоживання, Вт	12,5 (без АВС)
Маса, кг:	4,7 (без АВС)
Габарити, мм:	210×210×207 (без АВС)

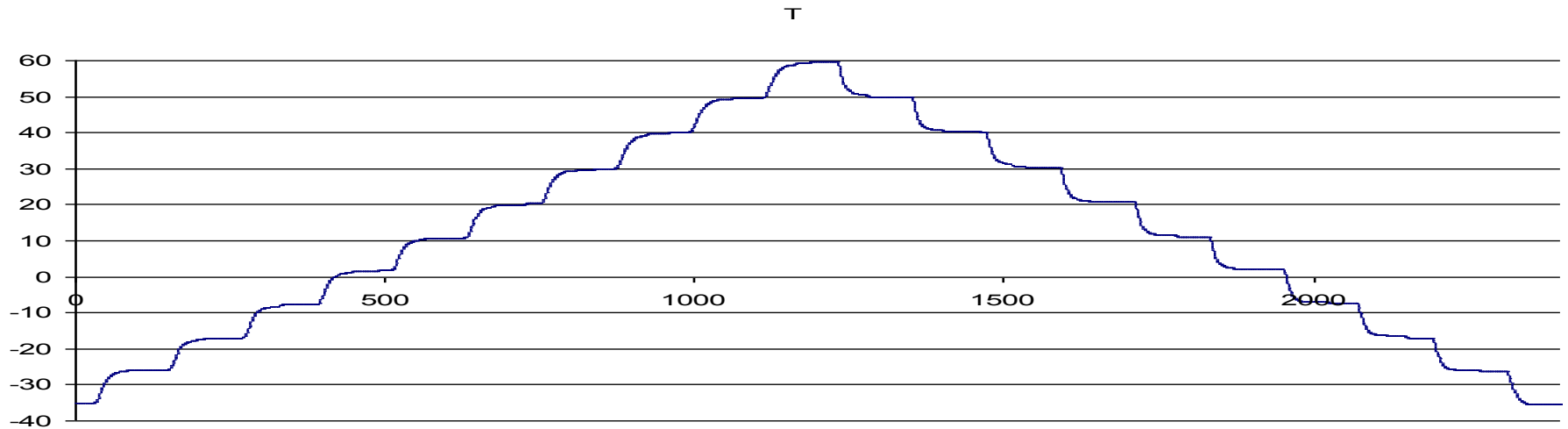


# Забезпечення потрібних характеристик БАІБ

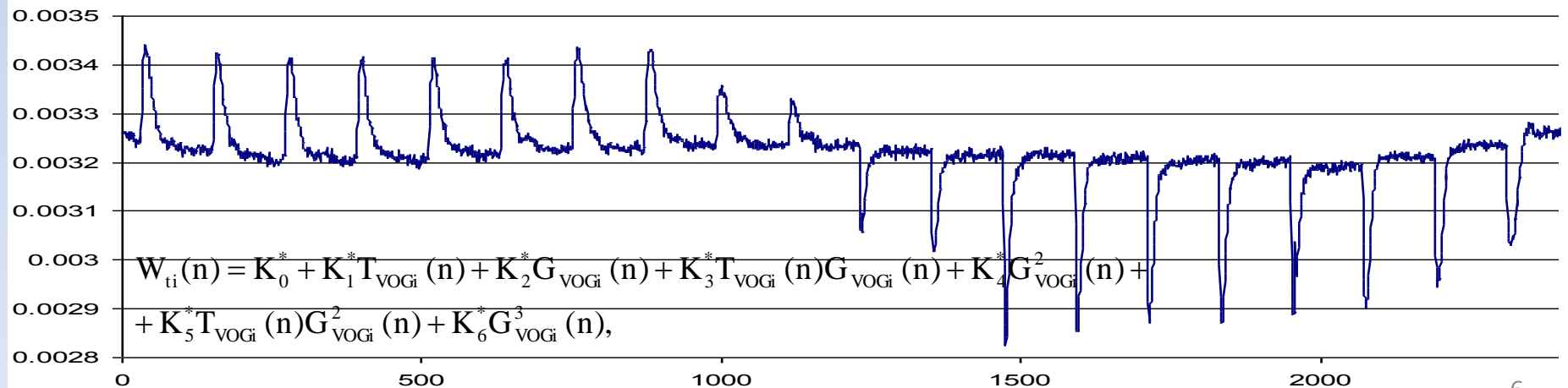
- Конструктивне виконання;
- спеціальний обчислювач;
- програмно-алгоритмічне забезпечення:
  - БІНС на основі спостерігача Льюєнбергера;
  - початкова виставка і корекція БІНС за зірками – за інформацією високоточної АВС розробки КП СРБ “Арсенал” (м. Київ);
- калібровка:
  - термокалібровка ВОГ;
  - наземна калібровка;
  - орбітальна калібровка;
- повний цикл наземних випробувань.



# Температура та виміряна кутова швидкість ВОГ в діапазоні робочих температур. Модель теплового дрейфу ВОГ



Wizm





## Техніко-економічні показники БАІБ

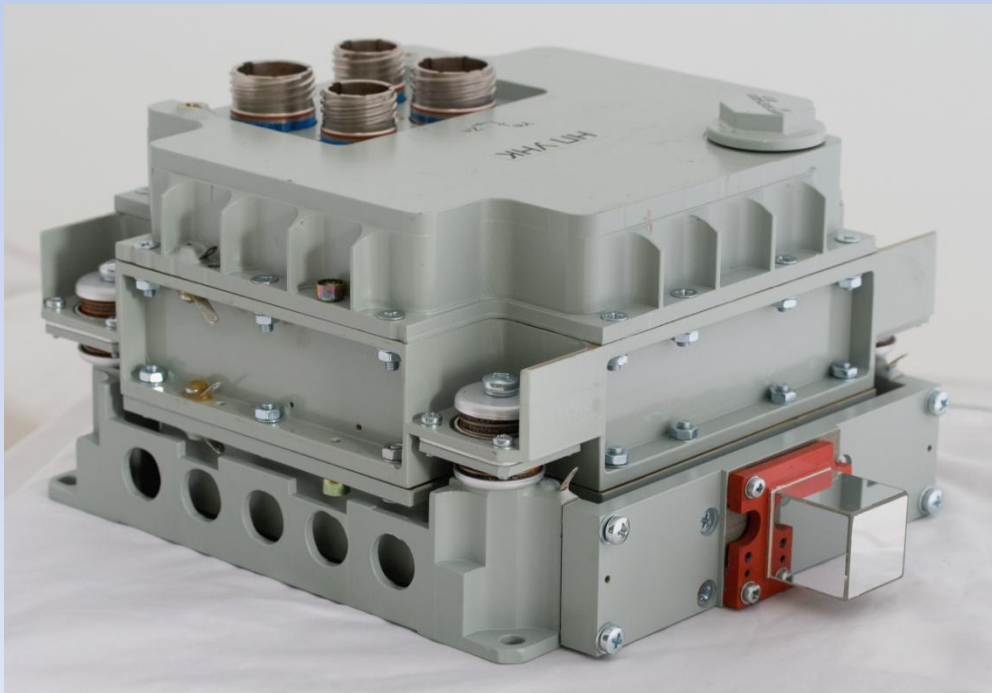
Найменування	Розмірність	БАІБ ВОГ	Scalable SIRU TRG	Astrix 120 ВОГ	Astrix 200 ВОГ	КИНДЗ4 ВОГ	КИУС ВОГ
Фірма-розробник		ХАРТРОН-АРКОС	Northrop Grumman	EADS Astrium	EADS Astrium	НИИ ПМ	Антарес
<b>Характеристики ДКШ</b>							
Діапазон вимірів куткових швидкостей	град/с	± 10	± 7	± 140	± 15	± 40	± 5
Похибка зміщення нуля	град/год	< 0,1	< 0,0015	< 0,03	< 0,005	< 0,05	< 0,2
Похибка масштабного коефіцієнта	%	< 0,001	< 0,0005	< 0,01	< 0,001	0,01	0,1
Похибка орієнтації ДКШ	кут. сек.	20	-	40	5	20	30
<b>Загальні характеристики</b>							
Габаритні розміри	мм	210×210×207	289×180×149	270×150×145	295×150×145	-	140×127×39
Вага	кг	4,7	7,1	6	10	9,5	3,7
Споживана потужність	Вт	12,5	43	24	24	50	14
Вартість дослідного зразка	тис.дол. США	140	-	-	-	-	160
Вартість серійного зразка	тис.дол. США	115	-	-	-	-	150



# УНІВЕРСАЛЬНИЙ НАВІГАЦІЙНИЙ КОМПЛЕКС (УНК)

## Призначення

Для використання у складі систем управління літальних апаратів авіаційної і ракетно-космічної техніки різноманітного класу і призначення.

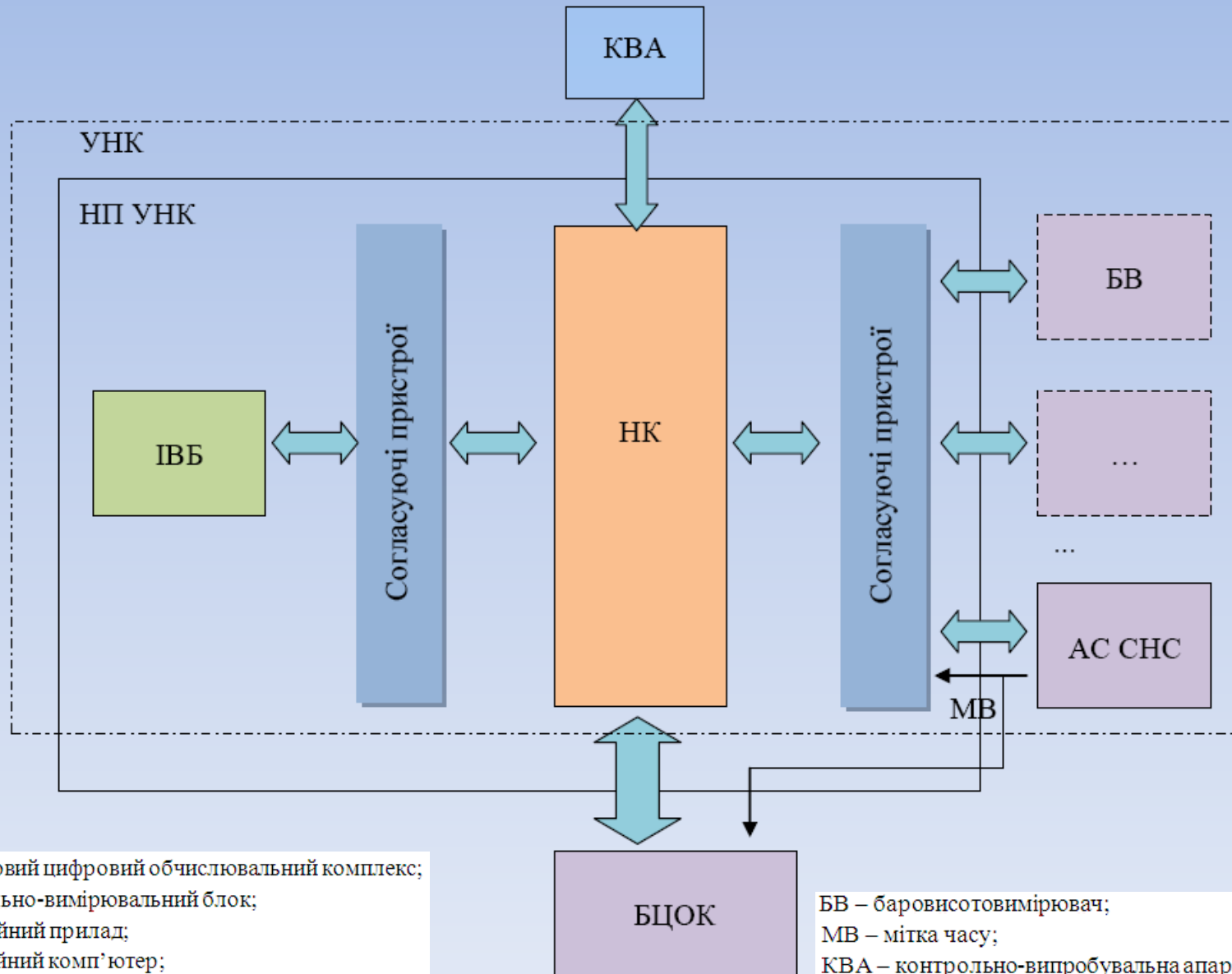


УНК створено на базі волоконно-оптичних гіроскопів і маятникових акселерометрів.





# Структурна схема УНК

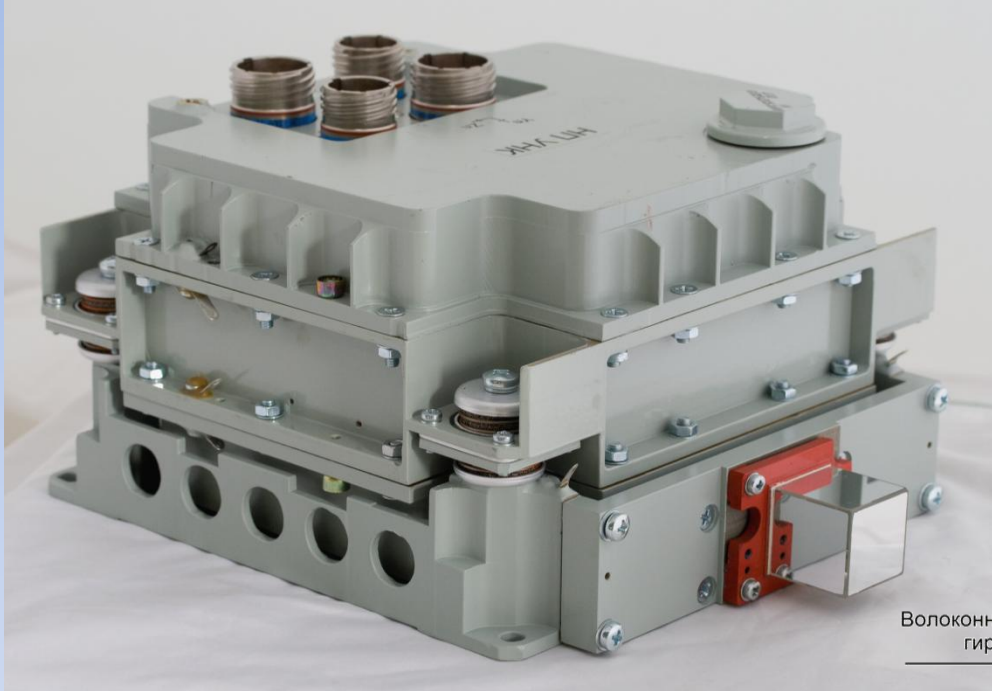


БЦОК – бортовий цифровий обчислювальний комплекс;  
ІВБ – інерціально-вимірювальний блок;  
НП – навігаційний прилад;  
НК – навігаційний комп'ютер;

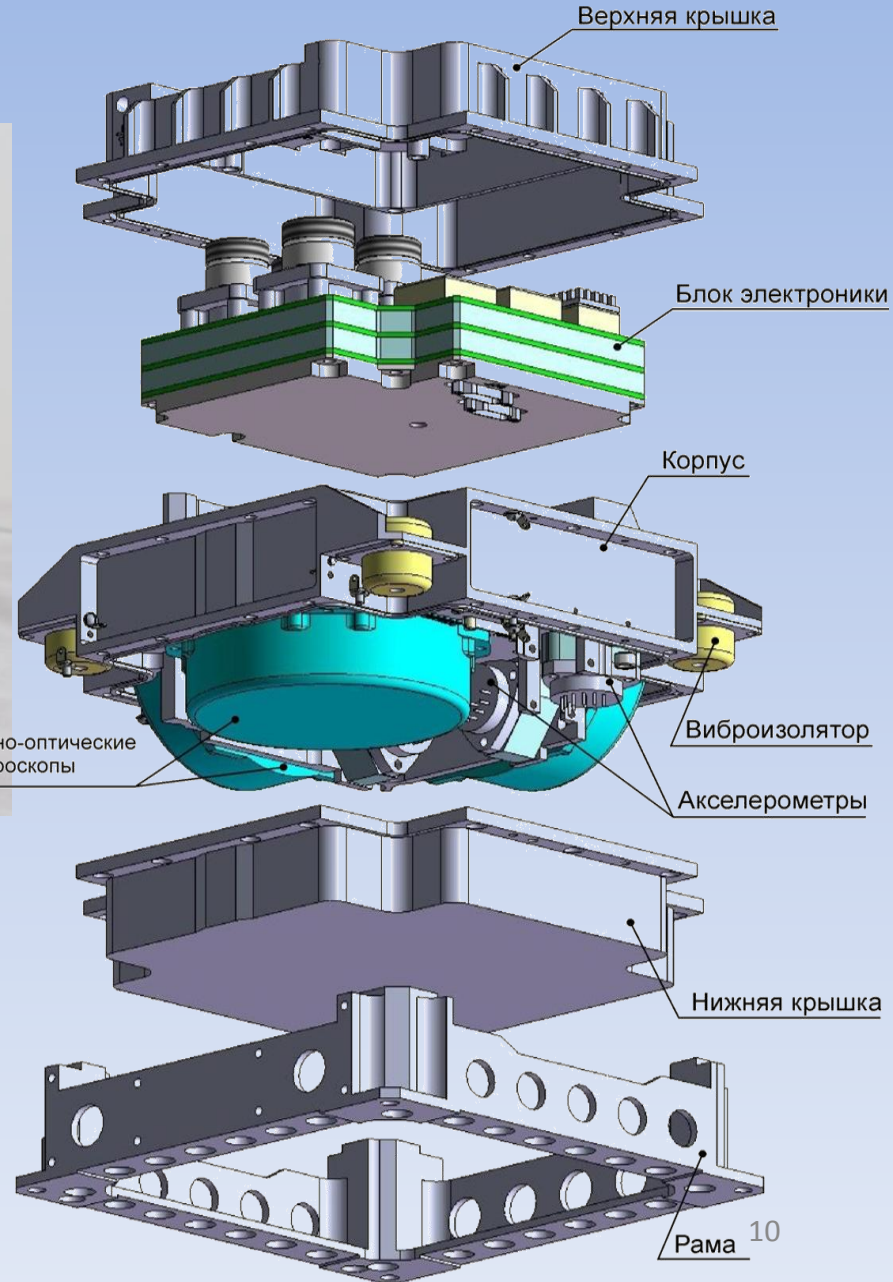
БВ – баровисотомірювач;  
МВ – мітка часу;  
КВА – контрольно-випробувальна апаратура.



# Зовнішній вигляд і конструкція приладу



Волоконно-оптичні  
гіроскопи





# Основні характеристики УНК

<b>Склад</b>	Комплектація: - НП (ІВБ з ВОГ (3 шт.) і АК (3 шт.) + НК); - АС СНС
<b>Принципи побудови</b>	Високоточний комплекс на базі інерціального навігаційного приладу, інтегрованого з АС СНС.
<b>Характеристики:</b>	
<b>- точність</b>	<b>Інерціальний режим (для часу польоту 500 с):</b> - дальність до 320 м; - бокова складова до 260 м.  <b>- Інтегрований режим:</b> - дальність < 12 м; - бокова складова < 12 м.
<b>- готовність, мин.</b>	10



## Основні характеристики УНК

<b>- надійність:</b> а) предпуск и пуск б) польот	ні менше 0,9975 ні менше 0,9983
<b>- конструктивне виконання</b>	НП – моноблок, АС СНС – окремий конструктив
<b>- маса, кг</b>	4,0
<b>- споживча потужність, Вт</b>	20,0
<b>- габаритні розміри, мм</b>	190×190×120
<b>Комплектація НП:</b> -датчики: а) вимірювач додатку швидкості; б) вимірювач кутової швидкості; -електрорадіовироби; - критичність за поставкою	НВП ХАРТРОН-АРКОС ЛТД ЕС Дальне зарубіжжя Не має
<b>Стан з виготовленням НП</b>	Виготовлено 2 дослідних зразка і 2 серійних. Пройшли наземні випробування.

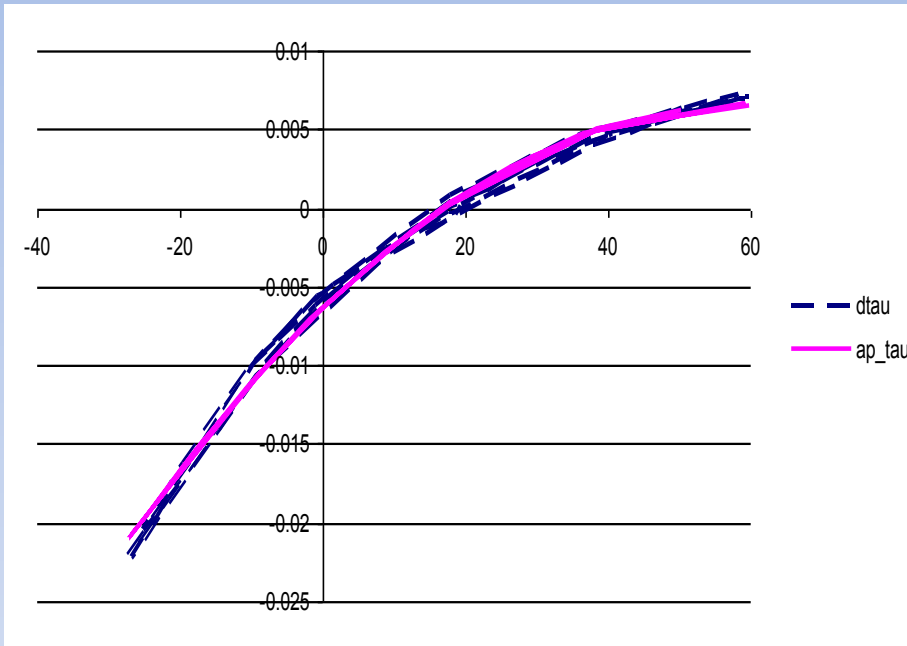


## Забезпечення потрібних характеристик УНК

- Конструктивне виконання;
- спеціальний обчислювач;
- програмно-алгоритмічне забезпечення:
  - БНС на основі фільтра Калмана з інтегруванням інформації АС СНС;
  - початкова виставка БНС автономна в горизонті та за інформацією системи прицілювання за азимутом;
- калібровка:
  - термокалібровка ВОГ і АК;
  - наземна калібровка;
- повний цикл наземних випробувань.

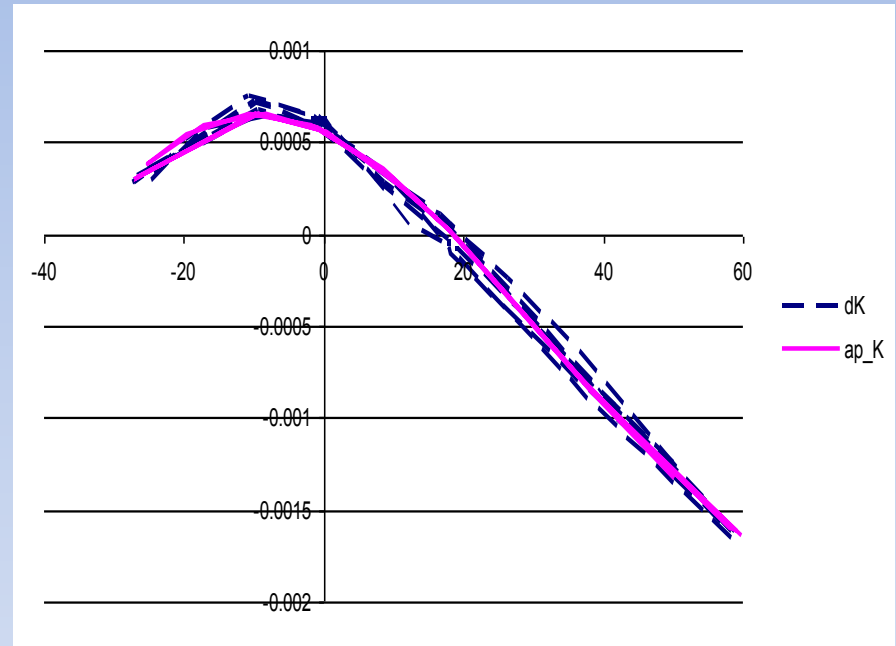


# Результати термовипробувань АК у складі НП УНК. Апроксимаційні моделі теплових похибок акселерометра № 3



Теплова похибка тяжіння

$$a_{0i}[n_1] = K_{0Ai}^* + K_{1Ai}^* T_{Ai}[n_1] + K_{2Ai}^* (T_{Ai}[n_1])^2 + K_{3Ai}^* (T_{Ai}[n_1])^3$$



Теплова похибка масштабного  
коефіцієнта

$$a_{1i}[n_1] = K_{0Ai}^{M*} + K_{1Ai}^{M*} T_{Ai}[n_1] + K_{2Ai}^{M*} (T_{Ai}[n_1])^2 + K_{3Ai}^{M*} (T_{Ai}[n_1])^3$$



# Результати вібровипробувань НП

## Значення різницевого відхилення

Параметри	Вісь		
	$OX_n$	$OY_n$	$OZ_n$
$\Delta L_p, \text{ м}$	<b>108</b>	<b>74</b>	<b>14</b>
$\Delta B_p, \text{ м}$	<b>40</b>	<b>24</b>	<b>58</b>



# Перевірка точностних характеристик УНК

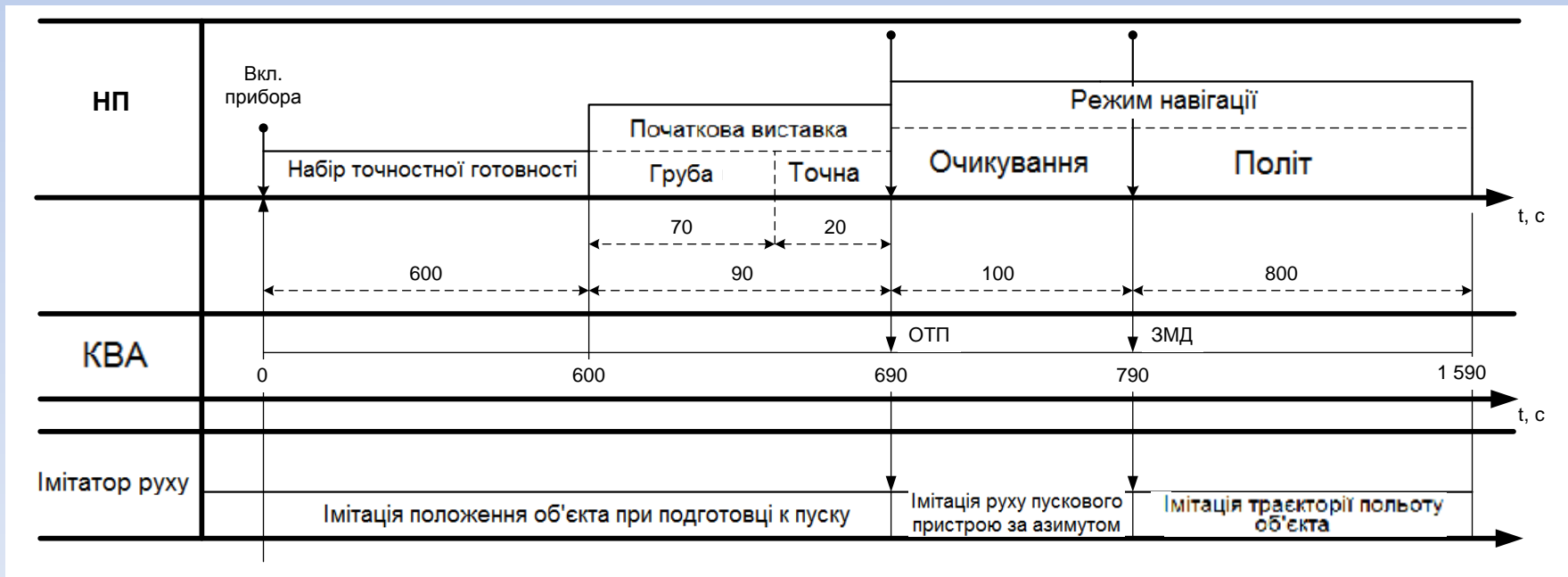
## Циклограма випробувань

### 1 Підготовчі операції

Визначення азимуту НП

Ввід в КВА вихідних даних на пуск

### 2 Функціонування апаратури «УНК – КВА – тривісний імітатор руху»



ОТП - завершення точного приведення  
ЗМД - запуск маршевого двигуна



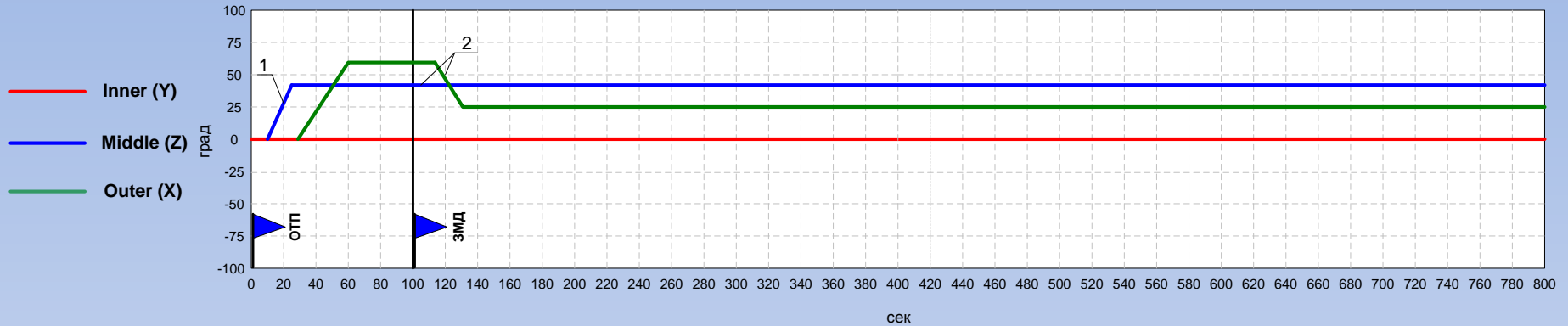


# Результати статистичної обробки даних випробувань УНК в інерціальному режимі на 3-х ступеневому імітаторі руху (з термокомпенсацією)

№ циклу <u>випробувань</u>	Час режиму <u>основної роботи</u> (ОР) 500 с			
	<u>Статичні випробування</u>		<u>Динамічні випробування</u>	
	$\Delta L$ , м	$\Delta B$ , м	$\Delta L$ , м	$\Delta B$ , м
1	-74	14	89	-49
2	-108	-15	67	21
3	-69	35	163	23
4	7	-24	160	-48
5	-66	-64	156	20
6	135	-43	144	-75
7	114	-13	186	-175
<u>Математичне очікування</u>	-9	-16	138	-40
<u>Відхилення (3<math>\sigma</math>)</u>	292	100	130	215



# Імітація руху об'єкта на поворотному пристрої



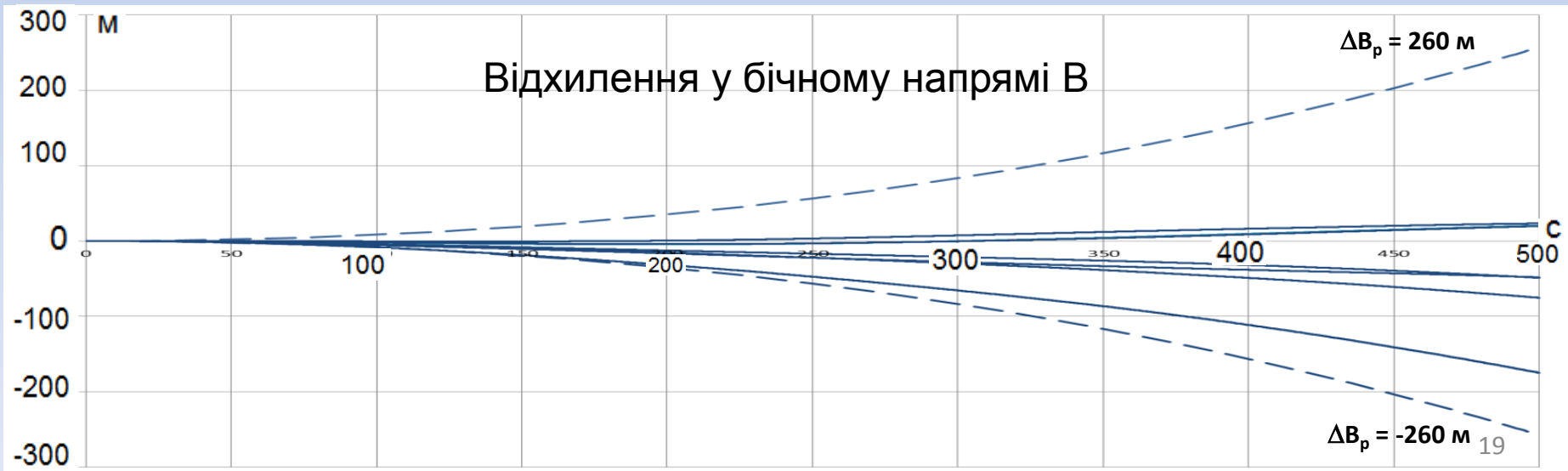
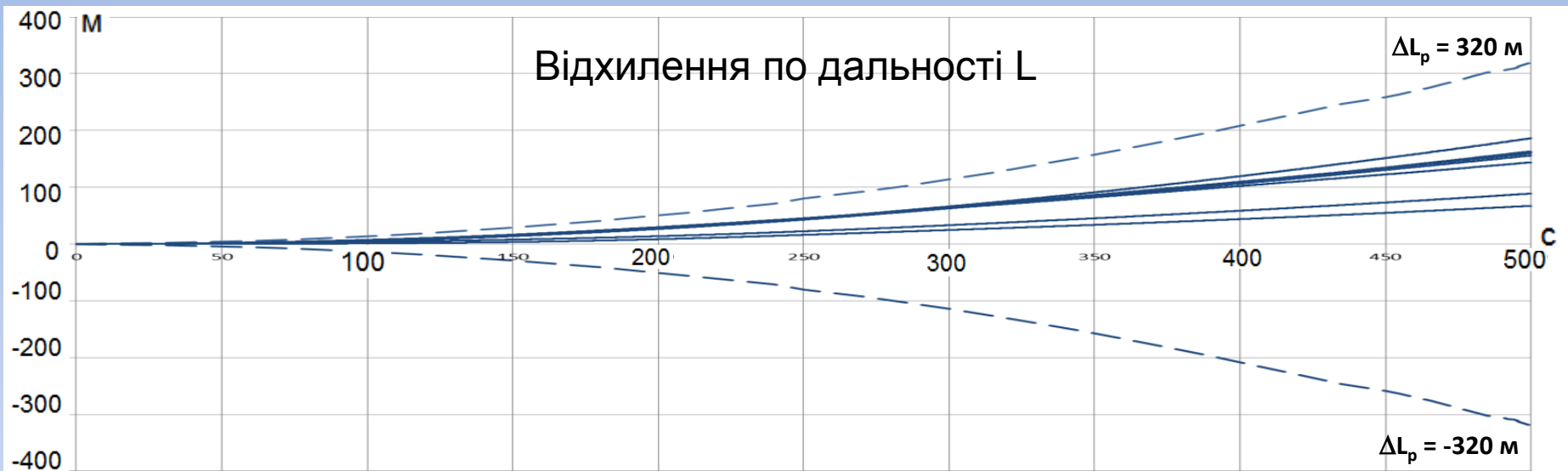
- 1 – імітація руху пускової установки;
- 2 – імітація траєкторії польоту

## Точність УНК

Режим роботи УНК	Вид випробувань	Значення оцінюваних параметрів (max)
інерціальний	статичні випробування	$ \Delta L  < 135 \text{ м},  \Delta B  < 64 \text{ м}$
	динамічні випробування	$ \Delta L  < 186 \text{ м},  \Delta B  < 175 \text{ м}$
інерціально-супутниковий	статичні випробування	$ \Delta L  < 8 \text{ м},  \Delta B  < 8 \text{ м}$



# Результати динамічних випробувань на тривісному стенді





## Техніко-економічні показники УНК

Найменування	Розмірність	УНК ВОГ	БІНС ЛГ	ІІНС MEMC	БІНС-501 ВОГ	IRS QUASAR 3000	IRU LN-100S
Фірма-розробник		ХАРТРОН-АРКОС	КП СПБ «Арсенал»	ДП «КБ «Південне»	НВК Оптолінк	Sextant	Літтон
<b>Характеристики ДКШ</b>							
Діапазон вимірів куткових швидкостей	град/год	250	180	180	250	100	400
Похибка зміщення нуля	град/год	0.1	0.1	4.0	0.09	0.03	0.09
Похибка масштабного коефіцієнта	безр	$2 \cdot 10^{-5}$	$2 \cdot 10^{-5}$	$5 \cdot 10^{-4}$	$5 \cdot 10^{-4}$	$3 \cdot 10^{-5}$	$3 \cdot 10^{-6}$
Похибка орієнтації осей ДКШ	кут. сек.	20	30	210	120	-	10
<b>Характеристики АК</b>							
Діапазон вимірів лінійного прискорення	м/с <sup>2</sup>	400	400	400	300	350	360
Похибка зміщення нуля	м/с <sup>2</sup>	$1 \cdot 10^{-3}$	$2 \cdot 10^{-3}$	$7.5 \cdot 10^{-2}$	$3 \cdot 10^{-3}$	$1.5 \cdot 10^{-3}$	$0.75 \cdot 10^{-3}$
Похибка масштабного коефіцієнта	безр	$2 \cdot 10^{-4}$	$2 \cdot 10^{-4}$	$1 \cdot 10^{-3}$	$2 \cdot 10^{-4}$	$1.5 \cdot 10^{-4}$	$1 \cdot 10^{-4}$
Похибка орієнтації осей АК	кут. сек.	20	30	210	60	-	10
<b>Загальні характеристики</b>							
Габаритні розміри	мм	190×190×120	303×296×160	220×240×130	286×163×124	200×200×290	-
Вага	кг	4.0	~16.1	2.5	4.8	13	8.8
Споживана потужність	Вт	20	46	15	20	30	30
Точнісні характеристики (3σ)	м	8-12	8-12	8-12	20	8	8
Вартість дослідного зразка	тис.дол. США	145	229	201.5	-	~550	-
Вартість серійного зразка	тис.дол. США	110	173	82.0	-	-	-



## ВИСНОВКИ

Навігаційні системи, що розроблені в НВП ХАРТРОН-АРКОС ЛТД, знаходяться на рівні вітчизняних і світових аналогів за основними показниками: габаритним розмірам, масі, споживаної потужності, вартості та точносними характеристиками в інтегрованому режимі.

Виготовлені дослідні та серійні зразки приладів пройшли весь цикл наземних випробувань.

Серійний зразок БАІБ поставлено в ДП «КБ «Південне» для установки на супутник "Мікросат". Два серійних зразки УНК планується поставити на ракету-носій "Циклон-4М" і на малу ракету "Гром-2".