

УДК 528.2 : 629.78

## АНАЛІЗ МОЖЛИВОСТЕЙ НАВІГАЦІЙНОЇ АПАРАТУРИ СПОЖИВАЧІВ СУПУТНИКОВИХ НАВІГАЦІЙНИХ СИСТЕМ СН 3003 "БАЗАЛЬТ" ДЛЯ ТОПОГЕОДЕЗИЧНОЇ ПРИВ'ЯЗКИ ПОЗИЦІЙ АРТИЛЕРІЇ

**О. Полець, В. Пашетник**

Академія сухопутних військ імені гетьмана Петра Сагайдачного

**Ключові слова:** топогеодезична прив'язка артилерії, навігаційна апаратура споживачів супутникових навігаційних систем СН-3003 "Базальт", вимірювання, точність.

### Постановка проблеми та зв'язок із важливими науковими та практичними завданнями

Наказом міністра оборони України від 25 травня 2011 р. № 282ДСК затверджено штатну та табельну потреби в топографо-геодезичних і навігаційних засобах для окремих посад та підрозділів Збройних сил України [1].

Відповідно до пункту 1.6 цього наказу навігаційною апаратурою споживачів супутникових навігаційних систем (НАС СНС) СН-3003 "Базальт" у Сухопутних військах Збройних сил України забезпечуються [1]:

- штаби механізованих (танкових) батальйонів; гранатометні й розвідувальні взводи, командири танкових підрозділів;
- ракетні війська та артилерія (артилерія механізованих, танкових і аеромобільних бригад);
- бойові машини;
- радіотехнічні засоби (РЛС СНАР-10, РЛС АРК-1М, виріб ПРП-3(4), виріб 1В119, топоприв'язник 1Т12, 1Т120, УАЗ-452т)
- миротворчий контингент тощо.

### Аналіз останніх досліджень і публікацій, які стосуються вирішення цієї проблеми

У працях [2] і [3] розглянуто порядок застосування апаратури для виконання топогеодезичної прив'язки позицій артилерії. У Настанові з експлуатації НАС СНС СН-3003 "Базальт" подано технічні характеристики апаратури. Точнісні характеристики НАС СНС СН-3003 "Базальт" наведено нижче [4]:

Середня квадратична похибка визначення поточних значень навігаційних параметрів не перевищує:

- координат місця:
  - а) в автономних визначеннях під час роботи по СНС:
    - 1) NAVSTAR – 40 м;
    - 2) ГЛОНАСС – 30 м;
    - 3) ГЛОНАСС/NAVSTAR – 20 м;
  - б) в диференційному режимі 1–5 м;
- висоти:
  - а) в автономних визначеннях під час роботи по СНС:
    - 1) NAVSTAR – 70 м;
    - 2) ГЛОНАСС – 50 м;
    - 3) ГЛОНАСС/NAVSTAR – 35 м;
  - б) в диференційному режимі 2–7 м.

Час одержання першого визначення навігаційних параметрів із заданою похибкою після закінчення під-

готовки до роботи не перевищує 3 хв. Час одержання періодичних обсервацій за наявності альманахів НКА не перевищує 1,5 хв з моменту чергового ввімкнення апаратури.

У "Курсі підготовки артилерії" подано норми для оцінки точності топогеодезичної прив'язки (додаток 19) до статті 208, які наведено в табл. 1 [2], [5]:

*Додаток 19 (до ст. 208)*

### ПРИМІТКИ:

1. Норми оцінки точності подаються за умови, якщо контрольна група визначила координати точок на геодезичній основі, а дирекційні кути орієнтирних напрямів – геодезичним, астрономічним, гіроскопічним способами або кутовим ходом.

2. Оцінка за точність топогеодезичної прив'язки виставляється за найменшою із оцінок за точність визначення координат, висоти та дирекційних кутів орієнтирних напрямів.

Топогеодезична прив'язка здійснюється за допомогою топографічних карт масштабів 1:25 000, 1:50 000 або приладами на геодезичній основі.

### Постановка завдання

Якщо порівняти норми для оцінки точності топогеодезичної прив'язки з точнісними характеристиками НАС СНС СН-3003 "Базальт", то можна зробити висновок, що ця апаратура не забезпечує можливості виконання топогеодезичної прив'язки щонайменше на "відмінно".

**Метою роботи** є визначення дійсної точності роботи НАС СНС СН-3003 "Базальт" та можливості її використання для виконання топогеодезичної прив'язки.

**Виклад основного матеріалу.** Для визначення дійсної точності роботи НАС СНС СН-3003 "Базальт" виконано експеримент. Суть експерименту полягає у проведенні вимірювань апаратурою на пунктах геодезичних мереж різного класу за різних метеорологічних умов та у порівнянні отриманих результатів з контрольними даними. З цією метою двічі здійснено вимірювання на трьох фундаментальних астрономо-геодезичних пунктах еталонного наукового геодезичного полігона, двох пунктах Державної геодезичної мережі 1-го і 2-го класів та трьох пунктах спеціальної геодезичної мережі, розміщених на території Міжнародного центру миротворчості й безпеки та поблизу нього. Під час виконання вимірювань в апаратурі виставлено такі установки:

- кут відсікання супутників від горизонту 15°;
- період запису епох 5 с;
- максимально допустима величина GDOP 7;

- для визначення координат використано сигнали супутників GPS та ГЛОНАСС;
- фіксування даних виконано в режимі “POS-POSITION”;
- час спостережень на пункті – 30 хв;
- спостереження виконувались у системах СК-42 та WGS -84.

Таблиця 1

**Норми для оцінки точності  
топогеодезичної прив'язки**

Способи визначення координат, висот точок та дирекційних кутів орієнтирних напрямків	Норми відхилень координат, висот точок та дирекційних кутів		
	Оцінка		
	“відмінно”	“добре”	“задовільно”
Визначення координат точок, м: за картою масштабу 1:50000	25	50	75
за картою масштабу 1:25000	15	30	45
на геодезичній основі	10	20	30
Визначення висот точок, м: за картою масштабу 1:50000	5	10	15
за картою масштабу 1:25000	3	6	9
Визначення дирекційних кутів орієнтирних напрямків, поділок кутоміра: за допомогою магнітної стрілки бусолі гіроскопічним, геодезичним, астрономічним способами	0-04 0-01	0-05 0-02	0-06 0-03

Первинні вимірювання виконано у грудні 2008 р. за складних погодних умов, повторні вимірювання – у лютому 2009 р. на тих самих пунктах за сприятливих погодних умов, з тими самими установками, що і перші вимірювання. Результати вимірювань подано у табл. 2 і 3.

Таблиця 2

4.12.2008 року

СК-42					
№ з/п	Назва геодезичного пункту		X	Y	H
1	2	3	4	5	6
1	Неделіно	етал.	XXXX751,43	YYYY810,20	371
		вим.	XXXX749,80	YYYY814,00	359
		Δ	-1,63	3,80	-12
2	Овсяна Гура	етал.	XXXX094,04	YYYY088,98	384
		вим.	XXXX097,80	YYYY090,70	378
		Δ	3,76	1,72	-6
3	фунд. пункт Неделіно	етал.	XXXX748,77	YYYY877,92	353
		вим.	XXXX746,60	YYYY878,80	353
		Δ	-2,17	0,88	0

Продовження табл. 2

1	2	3	4	5	6
4	Тартак	етал.	XXXX918,74	YYYY363,43	316
		вим.	XXXX918,70	YYYY355,00	319
		Δ	-0,04	-8,43	3
5	фунд. пункт Василиця	етал.	XXXX874,20	YYYY020,35	278
		вим.	XXXX873,20	YYYY023,80	270
		Δ	-1,00	3,45	-8
6	434	етал.	XXXX011,04	YYYY886,48	285
		вим.	XXXX010,20	YYYY877,70	264
		Δ	-0,84	-8,78	-21
7	фунд. пункт Гошко	етал.	XXXX357,84	YYYY419,11	297
		вим.	XXXX359,00	YYYY418,70	294
		Δ	1,16	-0,41	-3
8	Цетуля	етал.	XXXX878,57	YYYY954,06	273
		вим.	XXXX881,90	YYYY957,20	265
		Δ	3,33	3,14	-8

**СКП визначення  $\Delta X=2,111$   $\Delta Y=4,851$   $\Delta H=9,792$   
СКП визначення прямокутних координат 5,290 м**

СК-42								
		B			L			
1	Неделіно	етал.	BB°	B1'	45,29"	LL°	L3'	8,19"
		вим.	BB	B1	45,60	LL	L3	8,60
		Δ			0,31			0,41
2	Овсяна Гура	етал.	BB	B2	4,67	LL	L7	31,41
		вим.	BB	B2	4,60	LL	L7	31,70
		Δ			-0,07			0,29
3	фунд. пункт Неделіно	етал.	BB	B1	45,45	LL	L3	11,67
		вим.	BB	B1	45,4	LL	L3	11,80
		Δ			-0,05			0,13
4	Тартак	етал.	BB	B4	50,15	LL	L0	21,67
		вим.	BB	B4	50,20	LL	L0	21,30
		Δ			0,05			-0,37
5	фунд. пункт Василиця	етал.	BB	B5	24,41	LL	L7	35,63
		вим.	BB	B5	24,60	LL	L7	35,50
		Δ			0,19			-0,13
6	434	етал.	BB	B5	29,21	LL	L7	28,77
		вим.	BB	B5	29,30	LL	L7	28,40
		Δ			0,09			-0,37
7	фунд. пункт Гошко	етал.	BB	B9	3,13	LL	L4	17,43
		вим.	BB	B9	3,20	LL	L4	17,50
		Δ			0,07			0,07
8	Цетуля	етал.	BB	B7	50,03	LL	L8	49,11
		вим.	BB	B7	50,20	LL	L8	49,30
		Δ			0,17			0,19

**СКП визначення  $\Delta B=0,152''$   $\Delta L=0,275''$   
СКП визначення геодезичних координат  $\Delta=0,314''$**

WGS-84								
		B			L			
1	2	3	4		5			
1	Неделіно	етал.	BB°	B1'	44,24"	LL°	L3'	1,90"
		вим.	BB	B1	44,60	LL	L3	2,30
		Δ			0,36			0,40
2	Овсяна Гура	етал.	BB	B2	3,61	LL	L7	25,21
		вим.	BB	B2	3,60	LL	L7	25,40
		Δ			-0,01			0,19
3	фунд. пункт Неделіно	етал.	BB	B1	44,40	LL	L3	5,51
		вим.	BB	B1	44,40	LL	L3	5,50
		Δ			0,00			-0,01
4	Тартак	етал.	BB	B4	49,09	LL	L0	15,37
		вим.	BB	B4	49,10	LL	L0	15,00
		Δ			0,01			-0,37

Закінчення табл. 2

1	2	3	4			5		
5	фунд. пункт Василиця	етал.	ВВ	В5	23,57	LL	L7	29,15
		вим.	ВВ	В5	23,60	LL	L7	29,10
		Δ			0,03			-0,05
6	434	етал.	ВВ	В5	28,18	LL	L7	22,46
		вим.	ВВ	В5	28,20	LL	L7	22,10
		Δ			0,02			-0,36
7	фунд. пункт Гошко	етал.	ВВ	В9	2,07	LL	L4	11,15
		вим.	ВВ	В9	2,20	LL	L4	11,20
		Δ			0,13			0,05
8	Цетуля	етал.	ВВ	В7	48,96	LL	L8	42,95
		вим.	ВВ	В7	49,20	LL	L8	43,00
		Δ			0,24			0,05

СКП визначення ΔB= 0,160'' ΔL=0,242''  
СКП визначення геодезичних координат Δ=0,290''

Результати, які були отримані під час проведення повторних вимірювань.

Таблиця 3

17.02.2009 р.

СК-42					
№ з/п	Назва геодезичного пункту		X	Y	H
1	Неделіно	етал.	XXXX751,43	YYYY810,20	371
		вим.	XXXX753,40	YYYY816,00	360
		Δ	1,97	5,80	-11
2	Овсяна Гура	етал.	XXXX087,45	YYYY086,40	384
		вим.	XXXX089,30	YYYY091,30	383
		Δ	1,85	4,90	-1
3	фунд. пункт Неделіно	етал.	XXXX753,33	YYYY877,50	353
		вим.	XXXX750,2	YYYY880,70	361
		Δ	-3,13	3,20	8
4	Тартак	етал.	XXXX918,74	YYYY363,43	316
		вим.	XXXX920,5	YYYY359,50	315
		Δ	1,76	-3,93	-1
5	фунд. пункт Василиця	етал.	XXXX867,24	YYYY027,66	269
		вим.	XXXX873,30	YYYY023,60	277
		Δ	6,06	-4,06	8
6	434	етал.	XXXX011,04	YYYY886,48	285
		вим.	XXXX009,20	YYYY879,40	275
		Δ	-1,84	-7,08	-10
7	фунд. пункт Гошко	етал.	XXXX357,84	YYYY419,11	296,6
		вим.	XXXX361,20	YYYY418,20	307
		Δ	3,36	-0,91	10,4
8	Цетуля	етал.	XXXX878,57	YYYY954,06	273
		вим.	XXXX879,90	YYYY955,20	269
		Δ	1,33	1,14	-4

СКП визначення ΔX=3,028 м ΔY=4,360 м ΔH=7,707 м  
СКП визначення прямокутних координат 5,308 м

СК-42								
1	2	3	B		L			
1	2	3	4		5			
1	Неделіно	етал.	ВВ°	В1'	45,29	LL°	L3'	8,19
		вим.	ВВ	В1	45,70	LL	L3	8,60
		Δ			0,41			0,41
2	Овсяна Гура	етал.	ВВ	В2	4,67	LL	L7	31,41
		вим.	ВВ	В2	4,70	LL	L7	31,70
		Δ			0,03			0,29
3	фунд. пункт Неделіно	етал.	ВВ	В1	45,60	LL	L3	11,66
		вим.	ВВ	В1	45,50	LL	L3	11,40
		Δ			-0,10			-0,26

Продовження табл. 3

1	2	3	4			5		
4	Тартак	етал.	ВВ	В4	50,15	LL	L0	21,67
		вим.	ВВ	В4	50,30	LL	L0	21,50
		Δ			0,15			-0,17
5	фунд. пункт Василиця	етал.	ВВ	В5	24,41	LL	L7	35,63
		вим.	ВВ	В5	24,70	LL	L7	35,50
		Δ			0,29			-0,13
6	434	етал.	ВВ	В5	29,21	LL	L7	28,77
		вим.	ВВ	В5	29,30	LL	L7	28,40
		Δ			0,09			-0,37
7	фунд. пункт Гошко	етал.	ВВ	В9	3,13	LL	L4	17,43
		вим.	ВВ	В9	3,30	LL	L4	17,40
		Δ			0,17			-0,03
8.	Цетуля	етал.	ВВ	В7	50,03	LL	L8	49,11
		вим.	ВВ	В7	50,20	LL	L8	49,30
		Δ			0,17			0,19

СКП визначення ΔB= 0,210'' ΔL=0,260''  
СКП визначення геодезичних координат Δ=0,334''

WGS-84								
			B		L			
1	Неделіно	етал.	ВВ°	В1'	44,24	LL°	L3'	1,90
		вим.	ВВ	В1	44,70	LL	L3	2,30
		Δ			0,46			0,40
2	Овсяна Гура	етал.	ВВ	В2	3,61	LL	L7	25,21
		вим.	ВВ	В2	3,60	LL	L7	25,50
		Δ			-0,01			0,29
3	фунд. пункт Неделіно	етал.	ВВ	В1	44,55	LL	L3	5,37
		вим.	ВВ	В1	44,50	LL	L3	5,60
		Δ			-0,05			0,23
4	Тартак	етал.	ВВ	В4	49,09	LL	L0	15,37
		N	ВВ	В4	49,20	LL	L0	15,10
		Δ			0,11			-0,27
5	фунд. пункт Василиця	етал.	ВВ	В5	23,25	LL	L7	29,32
		вим.	ВВ	В5	23,60	LL	L7	29,20
		Δ			0,35			-0,12
6	434	етал.	ВВ	В5	28,18	LL	L7	22,46
		вим.	ВВ	В5	28,20	LL	L7	22,10
		Δ			0,02			-0,36
7	фунд. пункт Гошко	етал.	ВВ	В9	2,07	LL	L4	11,15
		вим.	ВВ	В9	2,20	LL	L4	11,10
		Δ			0,13			-0,05
8	Цетуля	етал.	ВВ	В7	50,03	LL	L8	49,11
		вим.	ВВ	В7	50,20	LL	L8	49,30
		Δ			0,17			0,19

СКП визначення ΔB= 0,222'' ΔL=0,262''  
СКП визначення геодезичних координат Δ=0,344''

Середньоквадратичні похибки визначали за такими виразами:

$$\Delta X = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n \Delta_x^2}{n}}, \quad \Delta Y = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n \Delta_y^2}{n}},$$

$$\Delta XY = \sqrt{\Delta_x^2 + \Delta_y^2} \quad (1)$$

$$\Delta B'' = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n \Delta_B^2}{n}}, \quad \Delta L'' = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n \Delta_L^2}{n}},$$

$$\Delta BL = \sqrt{\Delta_B^2 + \Delta_L^2} \quad (2)$$

Залежно від характеру виникнення і впливу джерел похибок їх поділяють на дві основні групи: систематичні, які прийнято називати зміщеннями, та випадкові, які ототожнюють з поняттям “шум”. Вплив таких похибок на точність роботи НАС СНС СН-3003 “Базальт” ми не розглядали.

#### **Висновки**

1. Проведені експерименти підтверджують можливість топогеодезичної прив'язки позицій артилерії за допомогою СН3003 “Базальт” відповідно до “Норм для оцінки точності топогеодезичної прив'язки”, зокрема й на “відмінно”.

2. Для визначення висот позицій артилерії все ж краще використовувати топографічну карту масштабу 1:25 000.

3. Фактично точність роботи СН3003 “Базальт” є вищою, ніж заявлена в документації на апаратуру, та досягає 10 м. Точність підвищилась, оскільки 1 травня 2000 р. Міністерство оборони США скасувало особливі умови користування системою GPS, що існували до того. Пентагон вимкнув перешкоду (SA – selective availability), яка штучно знижувала точність роботи GPS-приймачів. Після 1 травня 2000 р. точність визначення координат за допомогою навігаторів зростає приблизно у 5 разів. НАС СНС СН-3003 “Базальт” прийнято на озброєння наказом Міністра оборони України № 12 від 18.01.1999 р., тому фактична точність є вищою, ніж вказана у документації на апаратуру.

4. З моменту повного задіяння системи ГЛОНАСС доречно було б повторити експеримент, а також дослідити точність роботи НАС СНС СН-3003 “Базальт” на краю координатної зони.

5. З метою підвищення точності вимірів апаратурою СН-3003 “Базальт” необхідно дослідити впливи всіх можливих джерел похибок, особливості їх проявів та методів їх врахування.

#### **Література**

1. Наказ міністра оборони України № 282 ДСК від 25 травня 2011 р. “Про затвердження штатної та табельної потреби в топографо-геодезичних і навігаційних засобах для окремих посад та підрозділів Збройних сил України”/ РВВ АГУ ГШ ЗС України. – Офіц. вид. – К., 2011.
2. Навігаційне забезпечення військ: довідник / А.П. Багмет, О.В. Кравчук, О.Г. Міхно, М.С. Пастушенко та ін. – К.: ЦУВТН ГУОЗ КСП ЗСУ, 2006. – 416 с: іл.
3. Основи та засоби навігації наземних рухомих об'єктів: [навч. посібник] / В.М. Корольов, О.В. Збруцький, В.Ф. Беляков, В.Д. Макаревич / за ред. В.М. Корольова. – Л., ЛІСВ, 2008. – 226 с.
4. Навігаційна апаратура споживачів супутникових навігаційних систем ГЛОНАСС і GPS NAVSTAR СН-3003 “Базальт”. Настанова з експлуатації. ПКАН. 461513.017 РЭ-У. – 118 с.
5. Артилерійська бригада, полк, бригадна артилерійська група, дивізіон, батарея, взвод: курс підготовки артилерії Збройних сил України / Попков Б.О., Руденко П.Й., Мирона С.В. та ін.; під кер. В.М. Рябоконя. – К., 2004. – 143 с.
6. GPS (Global Positioning System) [Електронний ресурс] / Режим доступу: <http://uk.wikipedia.org/wiki/GPS>.

#### **Аналіз можливостей навігаційної апаратури споживачів супутникових навігаційних систем СН 3003 “Базальт” для топогеодезичної прив'язки позицій артилерії**

О. Полець, В. Пашетник

Проаналізовано можливість використання навігаційної апаратури споживачів супутникових навігаційних систем ГЛОНАСС і GPS СН 3003 “Базальт” для топогеодезичної прив'язки позицій артилерії щодо питань характеристики точності.

#### **Анализ возможностей навигационной аппаратуры пользователей спутниковых навигационных систем СН 3003 “БАЗАЛЬТ”**

для топогеодезической привязки

позиций артиллерии

О. Полец, В. Пашетник

Проанализирована возможность использования навигационной аппаратуры пользователей спутниковых навигационных систем СН 3003 “Базальт” для топогеодезической привязки позиций артиллерии по вопросам характеристики точности.

#### **Analysis of technical characteristics of GNSS receiver СН-3003 “Basalt”**

for artillery battle disposition

topogeodetic surveys

O. Polets, V. Pashchetnyk

In the article has been analyzed accuracy of coordinates determination with the GNSS receiver СН 3003 “Basalt” during the artillery battle disposition topogeodetic surveys.