

УДК 623.4

А.И. Приходько, А.М. Кривошеев, С.Н. Колобылин

Сумской государственной университет, Сумы

## ОПРЕДЕЛЕНИЕ ДИРЕКЦИОННЫХ УГЛОВ ОРИЕНТИРНЫХ НАПРАВЛЕНИЙ ПО НАБЛЮДЕНИЮ ПОЛЯРНОЙ ЗВЕЗДЫ

Статья посвящена разработке мер, которые позволят в дальнейшем использовать азимутальную насадку АНБ-1 перископической артиллерийской буссоли, поскольку дальнейшее использование АНБ-1 в связи с окончанием столетия стало невозможным. На основе исследования движения звезд в статье определено положение малого бисектора на период с 2000 по 2050 гг.; предложено заменить существующую сетку АНБ-1; разработана методика замены сетки; рассматривается методика работы с азимутальной насадкой по определению дирекционных углов ориентирных направлений ночью до замены сетки прибора.

**Ключевые слова:** азимут, артиллерия, астрономия, бисектор, буссоль, дирекционный угол, насадка, перископ, звезда, небесная сфера, нутация, склонение, полюс мира, склонение, созвездие, прецессия.

### Введение

Огневое поражение объектов (целей) противника на основе полной подготовки возможно при определении дирекционных углов ориентирных направлений с точностью до  $0 - 01$ , которая обеспечивается при использовании гироскопических и астрономических приборов определения азимутов истинных заданных направлений.

Одним из таких астрономических приборов является азимутальная насадка к перископической артиллерийской буссоли, которая обеспечивала определение истинных азимутов ориентирных направлений ночью по наблюдению звезд  $\alpha$  (Полярная) и  $\beta$  (Кохаб) созвездия Малая Медведица ночью, а также измерение горизонтальных углов при наблюдении Солнца и других звезд во время определения дирекционных углов астрономическим способом днем, если высота светила больше  $18^\circ$ .

Шкала азимутальной насадки АНБ-1 была рассчитана для работы в период с 1950 года по 2000 год (рис. 1) и на сегодняшний день к использованию непригодна, что, в свою очередь, ставит задачу модернизации существующего прибора с целью его дальнейшего использования в войсках. Поэтому данная статья имеет целью провести анализ изменения положения звезд  $\alpha$  и  $\beta$  созвездия Малая Медведица и на этой основе разработать предложения по реконструкции азимутальной насадки к буссоли для ее использования в период до 2050 года, а также рассмотреть методику определения дирекционных углов ночью с использованием азимутальной насадки к буссоли до ее реконструкции.

### 1. Анализ положения на небесной сфере звезд $\alpha$ и $\beta$ созвездия Малая Медведица

Применение азимутальной насадки для определения истинного азимута по наблюдению звезд  $\alpha$  и  $\beta$  Малой Медведицы основано на механическом наведе-

нии оптической оси насадки в Полюс Мира и последующем измерении горизонтального угла между Полюсом Мира и ориентиром (точкой наводки, орудием).

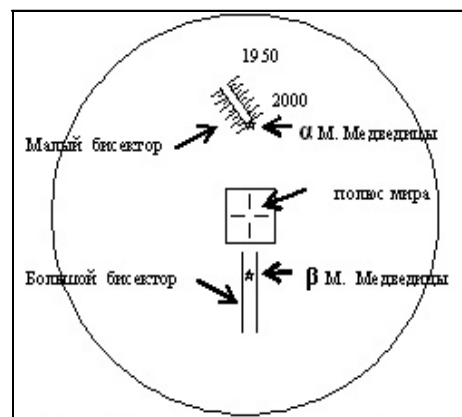


Рис. 1. Поле зрения азимутальной насадки

Для совмещения перекрестия насадки с Полюсом Мира используют два бисектора: малый бисектор, в который вводится звезда  $\alpha$ , и большой бисектор, в который вводится звезда  $\beta$  (рис. 1). Звезда  $\alpha$  обязательно устанавливается против штриха, соответствующего году наблюдения. Цена деления шкалы малого бисектора 5 лет.

Положение звезд  $\alpha$  и  $\beta$  созвездия Малая Медведица на небесной сфере с течением времени изменяется. Величина этих изменений обуславливается несколькими причинами, одной из которых, оказывающей наибольшее влияние на положение звезд, является собственное движение звезд.

Положение каждой звезды на небесной сфере определяется второй экваториальной системой координат, где координатами есть прямое восхождение ( $\alpha$ ) и склонение ( $\delta$ ) звезды. Судить об изменении положения Полярной звезды относительно полюса мира проще всего по ее полярному расстоянию ( $\Delta$ ), которое определяется формулой

$$\Delta = 90^\circ - \delta. \quad (1)$$

Склонение Полярной звезды, полярное расстояние и изменение полярного расстояния звезды за период с 1980 года по 2020 год приведены в табл. 1.

Анализ таблицы показывает, что изменение положения Полярной звезды на небосводе относительно полюса мира за год характеризуется в среднем по склонению  $\Delta\delta = +0^\circ 00' 15''$ . Фактически Полярная звезда приближается к полюсу мира, ее полярное расстояние на 1975 год составляло  $51'(1)$ , на

2000 год –  $43',85$ , а на 2020 год составит  $38',85$ . Постоянство изменения полярного расстояния ( $15''$  в год) говорит о том, что звезда движется по небосводу с одной и той же скоростью в одном и том же направлении.

Анализ собственного движения звезды  $\beta$  (табл. 2) показывает, что изменение её положения на небосводе характеризуется очень малыми угловыми величинами, которые не превышают по прямому восхождению –  $2''$ , а по склонению –  $15''$ .

Таблица 1

Координаты звезды  $\alpha$  созвездия Малая Медведица

Год	1980	1985	1990	1995	2000	2005	2010	2015	2020
Склонение ( $\delta$ )	$89^\circ 11',15$	$89^\circ 12',40$	$89^\circ 13',65$	$89^\circ 14',90$	$89^\circ 16',15$	$89^\circ 17',40$	$89^\circ 18',65$	$89^\circ 19',90$	$89^\circ 21',15$
Полярное расстояние ( $\Delta$ )	$48',85$	$47',6$	$46',35$	$45',10$	$43',85$	$42',60$	$41',35$	$40',10$	$38',85$
Изменение за 5 лет ( $\Delta\delta$ )		$1',25$	$1',25$	$1',25$	$1',25$	$1',25$	$1',25$	$1',25$	$1',25$
Изменение за год ( $\Delta\delta$ г)		$15''$	$15''$	$15''$	$15''$	$15''$	$15''$	$15''$	$15''$

Таблица 2

Координаты звезды  $\beta$  созвездия Малая Медведица

Наименование координат	Год наблюдений		Изменение за 1 год	
	1993,5	2000	в часовой мере	в градусной мере
Прямое восхождение ( $\alpha$ )	$14^h 50^m 43^s,17$	$14^h 50^m 42^s,35$	$-0^s,126$	$-0^\circ 00' 01'',92$
Склонение ( $\delta$ )	$+74^\circ 10' 55'',48$	$+74^\circ 09' 19'',78$	–	$-0^\circ 00' 14'',72$

Потому ширина бисектора, в который вводится звезда  $\beta$ , должна обеспечить использование насадки без конструктивного изменения бисектора, еще много лет.

Кроме того, на положение Оси Мира оказывают влияние прецессия и нутация.

Величина прецессии (перемещение точки весеннего равноденствия навстречу видимому годичному движению Солнца) значительно меньше ошибки измерения угла перископической артиллерийской буссолью ( $0 - 01,5$ ) и существенного влияния на точность определения азимута не окажет.

Нутация (малые колебания Оси Мира вследствие перемещения плоскости орбиты Луны, в результате которых полюсы описывают эллипсы с полуосями  $9,2''$  и  $6,9''$  за период около 18,6 года) является малой величиной, и влияния на точность определения азимута также не окажет.

Таким образом, для определения дирекционных углов ориентирных направлений ночью с использованием азимутальной насадки необходимо провести замену сетки насадки. На новую сетку необходимо нанести новую шкалу малого бисектора для работы на период 2000 – 2050 год.

Шкалу необходимо наносить следующим образом: в точке, где заканчивается прежняя шкала малого бисектора со штрихом 2000, будет находиться начало шкалы для периода с 2000 до 2050 года. Направление новой шкалы будет продолжением шкалы

для 1950 – 2000 г. Цена деления новой шкалы будет такой же, как и шкалы для 1950 – 2000 г., так как скорость собственного движения Полярной звезды является постоянной. Шкала изображена на рис. 2.

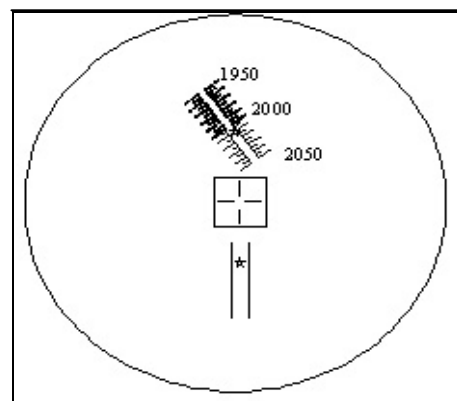


Рис. 2. Поле зрения азимутальной насадки с новой шкалой

Замену сетки азимутальной насадки необходимо проводить в следующем порядке:

- отвинтить четыре винта крепления окулярной части к корпусу насадки и отделить окулярную часть от корпуса;
- вывинтить кольцо крепления сетки и снять сетку;
- вставить новую сетку для эпохи 2000 – 2050 гг. и закрепить её кольцом;

– установити окулярну частину насадки на корпус і закріпити її гвинтами;

– провести перевірки азимутальної насадки.

Перевірки азимутальної насадки проводять в такій послідовності.

1. Установлюють буссоль в бойове положення, закріплюють насадку на монокуляр буссолі і проводять перевірку установки рівня насадки в такому порядку:

– маховичком вертикальної наводки монокуляра виводять рівень насадки в середнє положення;

– відпускають зажимний гвинт вертикальної наводки насадки і повертають насадку навколо горизонтальної осі монокуляра; при цьому бульбашка рівня азимутальної насадки не повинна зміщатися більше ніж на одне ділення рівня.

2. Проводять перевірку правильності установки перехресття сітки, для чого вибирають віддалений орієнтир і наводять перехресття сітки вертикальним штрихом в орієнтир. Обертанням маховичка повороту об'єктива обертають об'єктив на  $180^\circ$  і перевіряють зміщення сітки об'єктива. Зміщення перехресття сітки не повинно перевищувати  $0 - 00,3$ , що приблизно рівно  $1/3$  величини інтервала в разрізі штрихів перехресття сітки.

Заміна сітки азимутальної насадки економічно вигідна, так як вартість самої плоскопаралельної скляної пластинки і нанесення на неї бісекторів і перехресття, яка повинна проводитися в заводських умовах, незначительна, а установка в АНБ-1 може проводитися в майстерській з'єднання (частини).

Порядок роботи по визначенню азимута ночью з використанням азимутальної насадки наступний:

1. Установити буссоль, закріпити азимутальну насадку на патрубку монокуляра буссолі, під'єднати до візир патрон з лампою для освітлення сітки і включити освітлення.

2. Установити нульові відліки на буссольному кільці і барабані.

3. Обертанням барабана механізму вертикальної наводки монокуляра вивести бульбашку рівня візира насадки на середину.

4. Добитися різкого зображення сітки (обертанням діоптрийного кільця окуляра).

5. Обертанням маховичка установочного червяка буссолі і поворотом від руки візира (при відпущеному зажимному гвинті механізму його вертикальної наводки) навести візир на Полярну зірку з використанням целика і мушки.

6. Обертанням головки візира при закритій кришці об'єктива грубо навести додатковий об'єктив на зірку  $\beta$  Малої Медведиці.

7. Перевірити положення бульбашки рівня насадки і, якщо необхідно, відновити його в середнє положення.

8. Ввести зображення Полярної в малий бісектор проти штриха відповідного року (вра-

хненням установочного червяка буссолі – по напрямку і маховичком вертикальної наводки насадки – по висоті).

9. Відкрити кришку додаткового об'єктива і обертанням маховичка повороту головки візира ввести зображення зірки  $\beta$  в великий бісектор.

10. З використанням установочного червяка буссолі, мікрометричного гвинта механізму вертикальної наводки візира, маховичка повороту головки візира добитися установки Полярної зірки в малий бісектор проти року спостереження, а зірки  $\beta$  – в великий бісектор.

11. Взяти відлік по буссольному кільцю і барабану ( $O_n$ ), закрити додатковий об'єктив і, діючи відлічним червяком буссолі і повертаючи візир від руки в вертикальній площині (при відкритому зажимному гвинті), навести перехресття сітки візира в орієнтир.

12. Взяти відлік по буссольному кільцю і барабану ( $O_o$ ) і обчислити істинний азимут орієнтирного напрямку за формулою

$$A = O_o - O_n \quad (2)$$

13. Провести визначення азимута ще один раз і, якщо максимальне розходження між азимутами не перевищує  $0 - 03$ , знаходять його середнє значення.

К дирекційному куту орієнтирного напрямку переходять за формулою

$$\alpha = A - \gamma \quad (3)$$

де  $\gamma$  – зближення меридіанів для даної точки.

Орієнтир вибирають на відстані не ближче 200 м.

Якщо орієнтир знаходиться на меншій відстані, то в отримане значення азимута необхідно ввести поправку за зміщення оптичної осі азимутальної насадки відносно буссолі (поправка за центровку) (табл. 3).

Таблиця 3

Поправка за центровку азимутальної насадки

Відстання, м	25	50	100	150	200
Поправка, дел.угл.	- 4,0	- 2,0	- 1,0	- 0,8	- 0,5

## 2. Використання азимутальної насадки з старою сіткою

До заміни сітки визначення дирекційних кутів орієнтирних напрямків ночью з використанням азимутальної насадки можливо шляхом вимірювання горизонтального кута між Полярною зіркою і орієнтиром і наступного розрахунку азимута полярної ( $a_n$ ), а потім і дирекційного кута на орієнтир. Роботу виконують в наступному порядку:

1. Установлюють буссоль, закріплюють азимутальну насадку на патрубку монокуляра буссолі, під'єднують до візир патрон з лампою для освітлення сітки і включають освітлення.

2. Установлюють нульові відліки на буссольному кільці і барабані.

3. Вращением барабана механизма вертикальной наводки монокуляра выводят пузырек уровня визира насадки на середину.

4. Добиваются резкого изображения сетки (вращением диоптрийного кольца окуляра).

5. Вращением маховичка установочного червяка буссоли и поворотом от руки визира (при отпущенном зажимном винте механизма его вертикальной наводки) наводят визир на Полярную звезду с использованием целика и мушки.

6. Проверяют положение пузырька уровня насадки и, если необходимо, восстанавливают его в среднее положение.

7. Вводят изображение Полярной в перекрестие азимутальной насадки (вращением установочного червяка буссоли – по направлению и маховичком вертикальной наводки насадки – по высоте).

8. Считать отсчет по буссольному кольцу и барабану ( $O_n$ ) и зафиксировать время считывания отсчета ( $T_k$ ).  $T_k$  – киевское зимнее время наблюдения. В том случае, если наблюдения производят в период действия летнего времени, то при расчетах его уменьшают на один час.

9. Действуя отсчетным червяком буссоли и поворачивая визир от руки в вертикальной плоскости (при расстопоренном зажимном винте вертикальной наводки насадки), наводят перекрестие сетки визира в ориентир, считывают отсчет по буссольному кольцу и барабану ( $O_o$ ) и вычисляют угол между Полярной звездой и ориентирным направлением по формуле

$$Q = O_n - O_o . \quad (4)$$

10. Определяют по карте широту ( $B$ ) и долготу ( $L$ ) точки стояния.

11. С использованием Сборника астрономических таблиц (САТ) рассчитывают часовой угол ( $t$ ) Полярной звезды по формуле:

$$t = S_0 + \Delta S_1 + \Delta S_2 + \tau + L , \quad (5)$$

где  $S_0$  – звездное время на гринвичском меридиане, выбирают из табл. 1 САТ по дате наблюдений и меньшему целому часу наблюдения;  $\Delta S_1$  – поправка за отличие времени наблюдения от табличного, выбирают из табл. 2 по времени, прошедшему после меньшего целого часа наблюдений до момента наблюдений;  $\Delta S_2$  – выписывают в нижней части табл. 2 по тому же времени, что и  $\Delta S_1$ ;  $\tau$  – выбирают из табл. 4 с учетом года, месяца и даты наблюдения.

12. Выбирают величины  $a_0$  и  $\Delta a$  и рассчитывают азимут Полярной по формуле

$$a_n = a_0 + \Delta a . \quad (6)$$

Величину  $a_0$  до 1 января 2010 года выбирают из табл. 3 Таблиц вычисления азимута, а после 1 января 2010 года, по табл. 5 Сборника астрономических таблиц на 2010 – 2019 гг. Входными величинами для определения  $a_0$  являются часовой угол Полярной и широта точки стояния с округлением до  $1^\circ$ .

Величину  $\Delta a$  до 1 января 2010 года выбирают из табл. 5 Сборника астрономических таблиц на 2000 – 2009 гг., а после 1 января 2010 года, по табл. 6

Сборника астрономических таблиц на 2010 – 2019 гг. Входными величинами для определения  $\Delta a$  являются год и месяц наблюдений, часовой угол Полярной и широта точки стояния.

К дирекционному углу ориентирного направления переходят по формуле (3).

Определение дирекционного угла ориентирного направления астрономическим способом сопровождается ошибками определения азимута светила, измерения горизонтального угла между направлениями на светило и ориентир, вычисления сближения меридианов.

Срединная ошибка определения дирекционного угла может быть вычислена по формуле:

$$E_\alpha = \sqrt{E_\alpha^2 + E_Q^2 + E_\gamma^2} , \quad (7)$$

где  $E_\alpha^2$  – срединная ошибка определения азимута светила;  $E_Q^2$  – срединная ошибка измерения горизонтального угла  $Q$  между направлениями на полярную звезду и ориентир;  $E_\gamma^2$  – срединная ошибка определения сближения меридианов.

Срединная ошибка измерения горизонтального угла с помощью ПАБ-2А составляет  $0 - 00,3$  (2).

Срединная ошибка определения сближения меридианов при определении широты и долготы точки стояния с ошибкой не более  $0',5$  не будет превышать  $7'',5$  (1) и, следовательно, ее влиянием на увеличение ошибки определения дирекционного угла ориентирного направления по наблюдению Полярной звезды можно пренебречь.

Основной составляющей суммарной ошибки астрономического ориентирования является ошибка определения азимута светила. Ошибка определения азимута Полярной определяется формулой

$$E_\alpha = \sqrt{K_t^2 E_t^2 + K_B^2 E_B^2 + K_\delta^2 E_\delta^2} , \quad (8)$$

где  $K_t = \sin B - \operatorname{tg} h \cos a$ ;  $K_B = \operatorname{tg} h \sin a$ ;  $K_\delta = \frac{\cos B \cdot \sin a}{\cos \delta \cdot \sin h}$ ;  $h$  – высота светила;  $E_t^2, E_B^2, E_\delta^2$  –

срединные ошибки определения часового угла светила, широты района работ и склонения светила.

Результаты расчетов в зависимости от точности фиксации времени наблюдения Полярной приведены в табл. 4.

Таблица 4

Ошибки определения азимута Полярной звезды

Предельная ошибка времени наблюдения, мин.	Срединные ошибки		
	часового угла, угл. мин	азимута светила, угл. мин	азимута светила, дел. угломера
1	0,25	0,2	0 – 00,06
2	0,5	0,4	0 – 00,11
5	1,25	0,9	0 – 00,25
10	2,5	1,9	0 – 00,53
15	3,75	2,8	0 – 00,78
20	5,0	3,75	0 – 01,05

**Выводы**

По данным табл. 4 можно сделать следующие выводы:

для определения азимута Полярной звезды со средней ошибкой в 1' предельная ошибка фиксирования времени наблюдения не должна превышать 5 мин;

для определения азимута Полярной звезды с помощью буссоли ПАБ-2А со средней ошибкой в 1 деление угломера предельная ошибка фиксирования времени наблюдения не должна превышать 15 мин.

Использование азимутальной насадки для определения дирекционных углов ориентирных направлений позволит ориентировать орудия и приборы в ночных условиях с точностью, обеспечивающей открытие огня артиллерии на основе полной подготовки.

**Список литературы**

1. *Топогеодезическая подготовка РВ и А: учебник.* – М.: Воениздат, 1988. – 400 с.
2. *Сборник астрономических таблиц.* – М.: Воениздат, 1979. – 196 с.
3. *Сборник астрономических таблиц.* – М.: Воениздат, 1988. – 271 с.
4. *Збірник астрономічних таблиць.* – Суми: ВІА при Сум. ДУ, науковий центр артилерії, 2002. – 273 с.
5. *Збірник астрономічних таблиць.* – Суми: Науковий центр артилерії, кафедра військової підготовки Сум. ДУ, 2008. – 224 с.
6. *Перископическая артиллерийская буссоль ПАБ-2АМ. Техническое описание и инструкция по эксплуатации.*

Поступила в редколлегию 17.10.2008

**Рецензент:** д-р техн. наук, с.н.с. А.А. Кузнецов, Харьковский университет Воздушных Сил им. И. Кожедуба, Харьков.

**ВИЗНАЧЕННЯ ДИРЕКЦІЙНИХ КУТІВ ОРІЄНТИРНИХ НАПРЯМКІВ ЗА СПОСТЕРЕЖЕННЯМИ ПОЛЯРНОЇ ЗІРКИ**

А.І. Приходько, А.М. Кривошеєв, С.М. Колобилін

*Стаття присвячена розробці заходів, які дозволять у подальшому використовувати азимутальну насадку АНБ-1 перископічної артилерійської бусолі, оскільки подальше використання АНБ-1 у зв'язку з завершенням сторіччя стало неможливим. На основі дослідження руху зірок у статті визначено положення малого бісектору на період з 2000 по 2050 рр.; запропоновано замінити існуючу сітку АНБ-1; розроблена методика заміни сітки; розглядається методика роботи з азимутальною насадкою щодо визначення дирекційних кутів орієнтирних напрямків вночі до заміни сітки приладу.*

**Ключові слова:** азимут, артилерія, астрономія, бісектор, бусоль, кут дирекції, насадка, перископ, зірка, небесна сфера, нутація, відміна, полюс миру, відміна, сузір'я, прецесія.

**DEFINITION DIRECTIONAL ANGLE DUE TO OBSERVATION POLE STAR**

A.I. Prihodko, A.M. Krivosheev, C.N. Kolobylin

*Article devote to development measures which can allow in a further take advantage azimuthally nozzle ANB-1 periscope surveying compass, so far as subsequent employment ANB-1 due to finishing century become impossible. According of stars movements research was spot the small b-sector for period from 2000 up to 2050 year.; Also was suggest a new scheme to replace exist reference grate ANB-1; to develop working procedure to replace exist reference grate; developing methodology of using azimuthally nozzle for definition directional angle at night before device's reference grate replacement.*

**Keywords:** azimuth, artillery, astronomy, b-sector, compass, management corner, attachment, periscope, star, celestial sphere, nutation, declension, world pole, declension, constellation, precession.

