

УТВЕРЖДАЮ
Директор САО РАН
член-корр. РАН, д.ф.-м.н.

-----Балега Ю.Ю.

" июня 1997 г.

СПРАВКА

Точностные характеристики наведения и ведения БТА
в мае 1997 г.

Составил:

отв. астроном БТА Снежко Л.И.

п. Нижний Архыз

В период 1-21 мая 1997 г. планировалось исследование точностных характеристик БТА в связи с заменой УВК и УСО и с внесенными изменениями в систему, прежде всего отработки компенсации вращения поля. Необходимость этой работы была усилена возникшими утверждениями наблюдателей в ПФ БТА о низком качестве наведения и ведении. Эти утверждения суммированы в докладной записке на имя зам. директора САО, подписанной и.о. зав. лабораториями В.Г.Клочковой и С.И.Неизвестным.

Проверка точностных характеристик была выполнена в технические ночи, а также в ходе выполнения наблюдательных программ в ПФ БТА. Состояние телескопа регистрировалось по данным АСУ, а также датчиков скорости перемещения подвесок А и Z. Это позволило дать оценку не только накопленным ошибкам ведения, но и колебаниям на собственных частотах БТА.

1. Точность наведения БТА

Поле ошибок наведения БТА было получено для фокуса N2 21 мая 1997 г., соответствующие данные приведены в табл.1. Обработка этого поля дает следующие характеристики точности наведения в фокусе N2:

$$\begin{aligned} DA \cdot \sin Z &= (+2.2 \pm 3.0) \text{ угл. сек.} \\ DZ &= (+1.2 \pm 1.7) \text{ угл. сек.} \end{aligned}$$

На рис.1 представлены соответствующие кружки рассеяния ошибок наведения, редукция состоит в исправлении коэффициентов системы коррекции наведения (СКН). На рис.2 представлены гистограммы распределения ошибок наведения, показывающие, что все ошибки наведения укладываются в прямоугольник размером (10x5) угл.сек. Поэтому, несмотря на наличие неустраненной счетной ошибки СКН, 80% ошибок наведения лежат в круге радиусом ≈ 5 угл.сек. Счетная ошибка увеличивает прежде всего дисперсию азимутальной ошибки наведения, после ее устранения среднеквадратичная ошибка наведения должна свестись к значению $\leq \pm 2$ угл.сек. для обеих составляющих.

Разовые наведения в ПФ и фокусе N1 показали что объекты всегда попадают в квадрат (10x10) угл.сек. Устранение постоянного сдвига кружка рассеяния достигается определением коэффициентов СКН для каждого прибора и проверкой положения их центров в ПФ.

В течение месяца исполнители наблюдательных программ не предъявляли претензий к точности наведения, склоняясь даже к положительной оценке (N1, N2 и ПФ).

2. Точность программного ведения БТА

2.1. 15 мая 1997 г. наблюдатель в ПФ БТА в $T_m = 22ч.36мин.$ сделал запись в дежурном журнале: "постоянные уходы по Z, приходится непрерывно гидировать". Сразу же была включена регистрация накопленной поправки коррекции наблюдателем программного ведения и произведена запись результатов этой коррекции в ходе экспозиции длительностью ≈ 120 мин. Результаты представлены в табл.2, где приведены московское время операции коррекции и значения накопленных поправок коррекции. В табл.3

представлены первые разности данных табл.2, показывающие интервал времени между последовательными операциями коррекции и их результаты. На рис.3 графически представлен процесс коррекции. Обработка этих данных дает следующие результаты. Накопленная ошибка отсутствует в программном ведении БТА и средние значения

$$DA \cdot \sin Z = (+0.31 \pm 0.21) \text{ угл.сек.}$$

$$DZ = (-0.11 \pm 0.18) \text{ угл.сек.}$$

Постоянные составляющие возникли из-за неопределенности начального значения (нуль-пункта) записи коррекции.

На рис.4 представлены результаты каждой операции коррекции.

Обработка этих данных дает:

средний интервал между

операциями коррекции

$$\Delta t = (1.5 \pm 1.0) \text{ мин.},$$

среднее значение

поправок коррекции

$$DA \cdot \sin Z = (0 \pm 0.14) \text{ угл.сек.}$$

$$DZ = (0 \pm 0.16) \text{ угл.сек.},$$

то-есть каждой последующей коррекцией наблюдатель устраняет результаты предыдущей, а вся дорожка поправок коррекции лежит в полосе ± 0.15 угл.сек. В течение 40 мин. телескоп сопровождал объект только программным ведением (облачность) и при появлении объекта наблюдатель ввел поправки коррекции ($+0.1$ и -0.3) угл.сек., но даже и эти поправки были устранены следующей коррекцией (см. рис.3 и табл.2 и 3).

В целом, эти данные показывают, что в ведении БТА при $Z \approx 60^\circ$ накопленная ошибка практически отсутствовала, а все операции коррекции наблюдателем программного ведения лежат в полосе шириной ± 0.15 угл.сек., то-есть в пределах разрешающей способности ДССов.

2.1. В программах с ПЗС-камерой ПФ БТА (наблюдатель А.И.Копылов) проявляется асимметрия изображений с вытянутостью ($0.1 - 0.3$) угл.сек. при экспозициях без коррекции длительностью ≤ 10 мин. Даже если всю эту асимметрию отнести за счет накопленных ошибок ведения, то получим оценку качества ведения: накопленная ошибка программного ведения не превышает 0.3 угл.сек. за 10 мин. экспозиции. Однако нужно учесть, что наблюдения ведутся без корректора и асимметрия изображений включает в себя полевую кому, так что оценка качества ведения только улучшается. Это подтверждается и зависимостью асимметрии от качества изображения: при $\beta \approx 1.4$ угл.сек. асимметрия проявляется с значением ≈ 0.1 угл.сек., а при $\beta \approx 2$ угл.сек. уже не проявляется. Это показывает, что кома - основная причина наблюдаемой асимметрии, так как именно она замывается атмосферной деградацией изображения, тогда как ошибки ведения должны при этом полностью сохраняться. Отсюда можно сделать вывод, что при наблюдениях с ПЗС-камерой ПФ БТА накопленная ошибка программного ведения БТА не превышает значений ($0.1 - 0.2$) угл.сек., то-есть, ≤ 0.1 размера изображений (все оценки β получены стандартной методикой - ширина на половине интенсивности). Лучшие результаты ведения на современных наземных телескопах получаются только с применением локальных корректоров волнового фронта.

2.3. Устные заявления наблюдателей группы В.Л.Афанасьева о визуальном обнаружении "болтанки" телескопа с размахом от 1.5 до 5 угл.сек. основаны на недоразумении и не подтверждаются уже в описанных выше экспериментах. На наблюдениях 10 мая и 15 мая 1997 г. было продемонстрировано, что под "колебаниями телескопа" наблюдатели понимали переливания яркости в слабом изображении звезды гидирования при $\beta \approx 1.8$ угл.сек. При увеличении яркости звезды гидирования эффекты, называемые "болтанкой

телескопа", естественно уменьшались. Данные датчиков на подвесках А и Z так же не показали каких-либо колебаний телескопа во время экспозиций (в отсутствие внешних возмущений).

Здесь наблюдатели столкнулись с известной проблемой определения центра изображения при предельной слабости объекта гидирования (коррекция выполнялась по звездам 18 - 19 величины при видимом фоне неба). Наблюдательный материал, полученный А.И.Копыловым в технические ночи 20/21.5.1997, даст количественные данные к этой проблеме.

ВЫВОДЫ

1. Точность наведения в фокусе N2 БТА составляет

$$\begin{aligned} DA \cdot \sin Z &= (+2.2 \pm 3.0) \text{ угл. сек.} \\ DZ &= (+1.2 \pm 1.7) \text{ угл. сек.} \end{aligned}$$

С устранением счетной ошибки кружок рассеяния ошибок наведения должен свестись к значению ± 2 угл. сек.

Точность наведения в других фокусах сейчас не вызывает замечаний наблюдателей, и может быть доведена до значений для фокуса N2.

2. В программном ведении БТА не обнаруживаются накопленные ошибки программного ведения, превышающие 0.2 угл. сек. при экспозициях от 10 до 40 мин. (и даже 100 мин.). Операции коррекции ведения наблюдателем лежат в полосе ± 0.15 угл. сек., то-есть в пределах чувствительности ДССов. Утверждения о визуальной обнаружимой повышенной "болтанке телескопа" не подтвердились (кроме уже известной).

3. Компенсация вращения поля в ПФ замечаний не имела.

В докладной и в претензиях наблюдателей отмечалась потеря возможности пользоваться информацией от УВК АСУ. Эта ситуация была создана искусственно, и после разрешения А.Ф.Назаренко работать над задачами АСУ БТА практически за 1 день были восстановлены наработки Отдела информатики по обмену информацией с терминалами наблюдателей как по прямому каналу УВК-сервер, так и по штатному (А.Ф.Назаренко, В.П.Шергин совместно с СЭК БТА). В течение месяца работали в наблюдениях оба варианта, с их достоинствами и недоработками.

3 июня 1997 г.

Отв. астроном БТА



Л.И.Снежко

Таблица 1. Поле ошибок наведения в фокусе N2
21.05.1997

Z	A	D	DA	DZ	DDA	DDZ
34.6	305.5	19.2	-2.8	.0	5.1	1.0
63.2	240.8	38.8	-.5	1.2	3.2	.8
24.5	5.2	19.2	2.1	-.2	.4	1.2
43.9	255.1	38.8	-2.3	2.2	4.5	-.9
7.0	290.4	40.8	-.8	-2.4	3.0	1.9
10.0	272.1	42.5	-.6	-.3	2.6	.0
26.4	272.2	37.3	-2.0	1.9	4.0	-1.4
38.3	272.6	31.4	-.9	2.5	3.1	-1.4
49.7	279.9	20.5	-3.2	1.1	5.7	.5
10.3	359.7	33.3	4.0	-1.9	-1.5	2.1
17.0	356.3	26.7	3.8	-.4	-1.3	.9
24.2	351.6	19.7	3.5	-.6	-1.1	1.4
37.3	354.2	6.4	2.6	.9	-.1	.6
53.2	5.2	-9.4	2.1	.0	.7	2.2
15.9	106.6	46.1	4.3	.9	-2.4	.0
18.2	99.4	43.9	4.7	.8	-2.8	.3
32.9	95.9	38.3	7.1	2.7	-5.0	-.9
43.1	94.8	33.1	8.1	2.7	-5.9	-.5
62.5	92.9	20.5	6.8	.9	-4.0	2.0
11.2	171.8	54.8	1.5	1.7	.0	-1.4
19.3	171.9	62.6	2.7	2.8	-1.2	-2.1
34.3	177.3	77.8	3.3	4.4	-1.6	-3.0
39.4	178.4	82.9	3.4	4.2	-1.6	-2.6
49.7	180.2	86.6	4.6	3.9	-2.5	-1.9
64.9	182.8	71.3	4.1	1.3	-1.4	1.2

Здесь DA, DZ - измеренные ошибки наведения,
DDA, DDZ - редуцированные ошибки наведения.

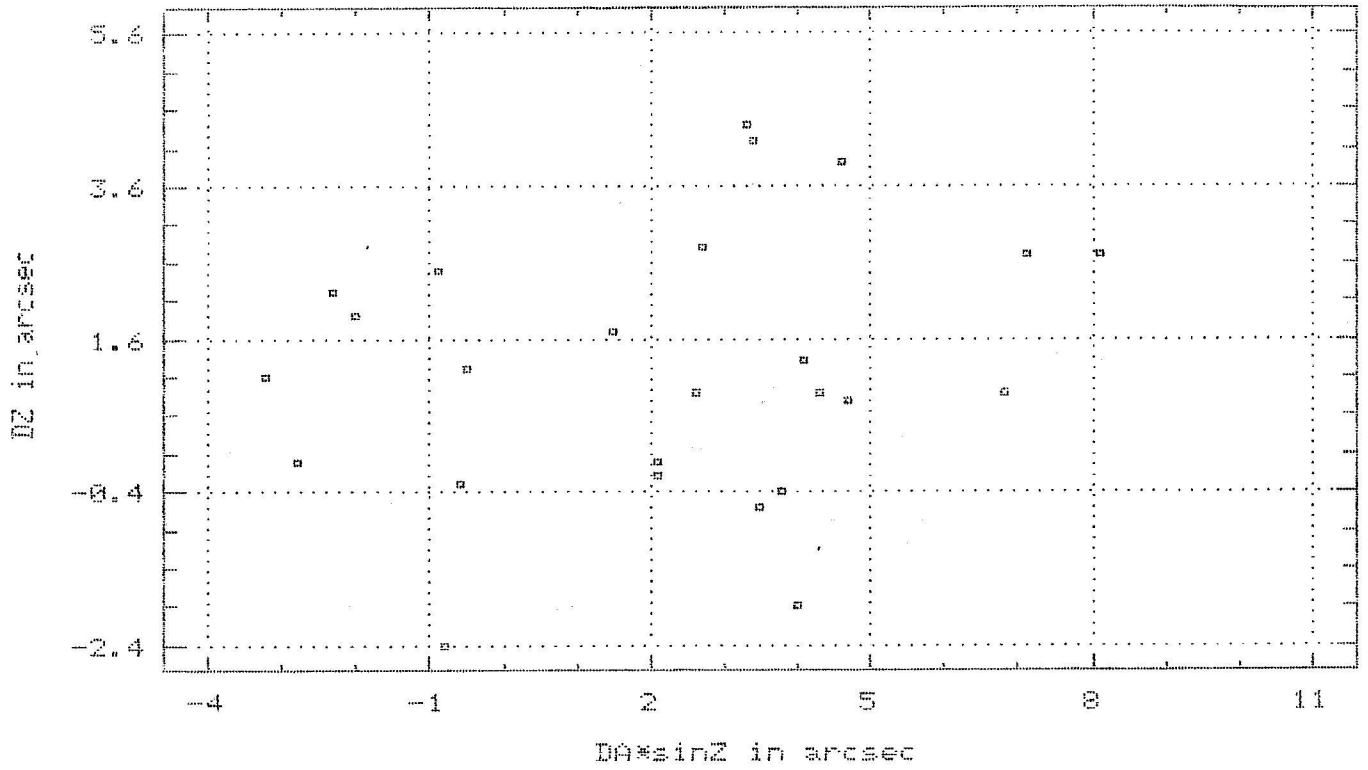
Расчетные поправки к коэффициентам СКН

DATE: 21 51997

DZO= -.4 D= 3.2 DS= .7
 SIGMA= .8 SIGMA= 1.3 SIGMA= .6
 SIGMA= 1.6

DAO= -1.2 L= -2.5 K= 4.7
 SIGMA= 9.1 SIGMA= 12.6 SIGMA= 14.7
 SIGMA= 3.3

Plot of $DA \cdot \sin Z$ vs DZ
21.05.1997 N2



Plot of $DA \cdot \sin Z$ vs DZ
21.05.1997 after reduction

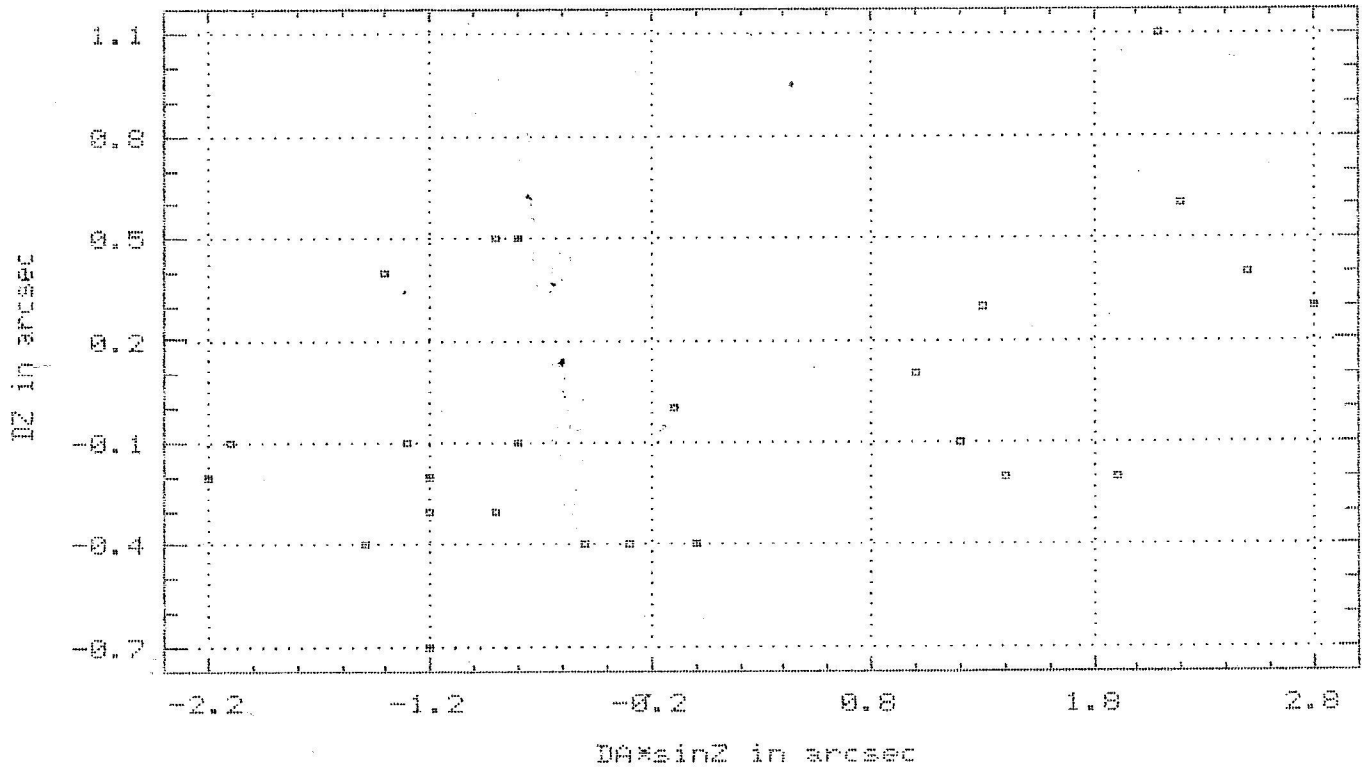
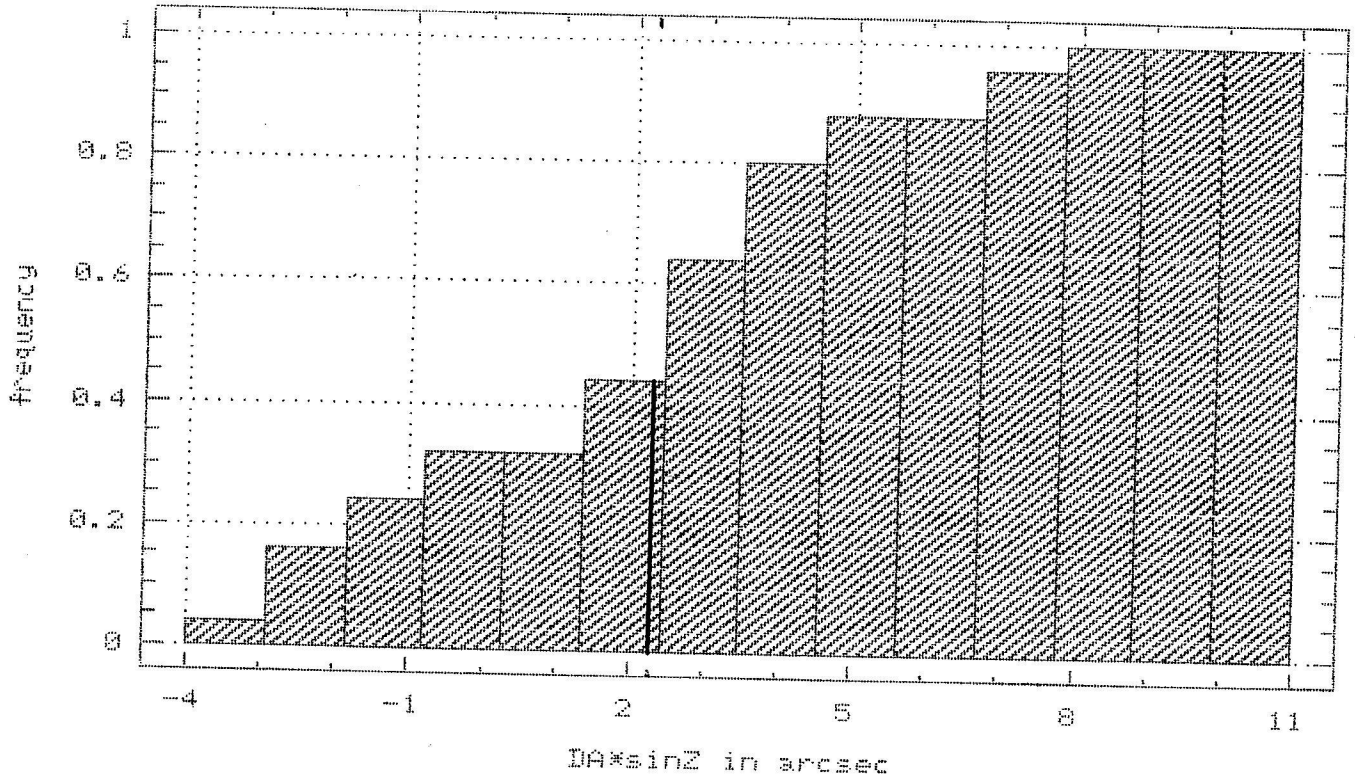


Рис. I Поле ошибок наведения в фокусе N2 БТА 21.05.1997

Frequency Histogram
21.05.1997 N2



Frequency Histogram
21.05.1997 N2

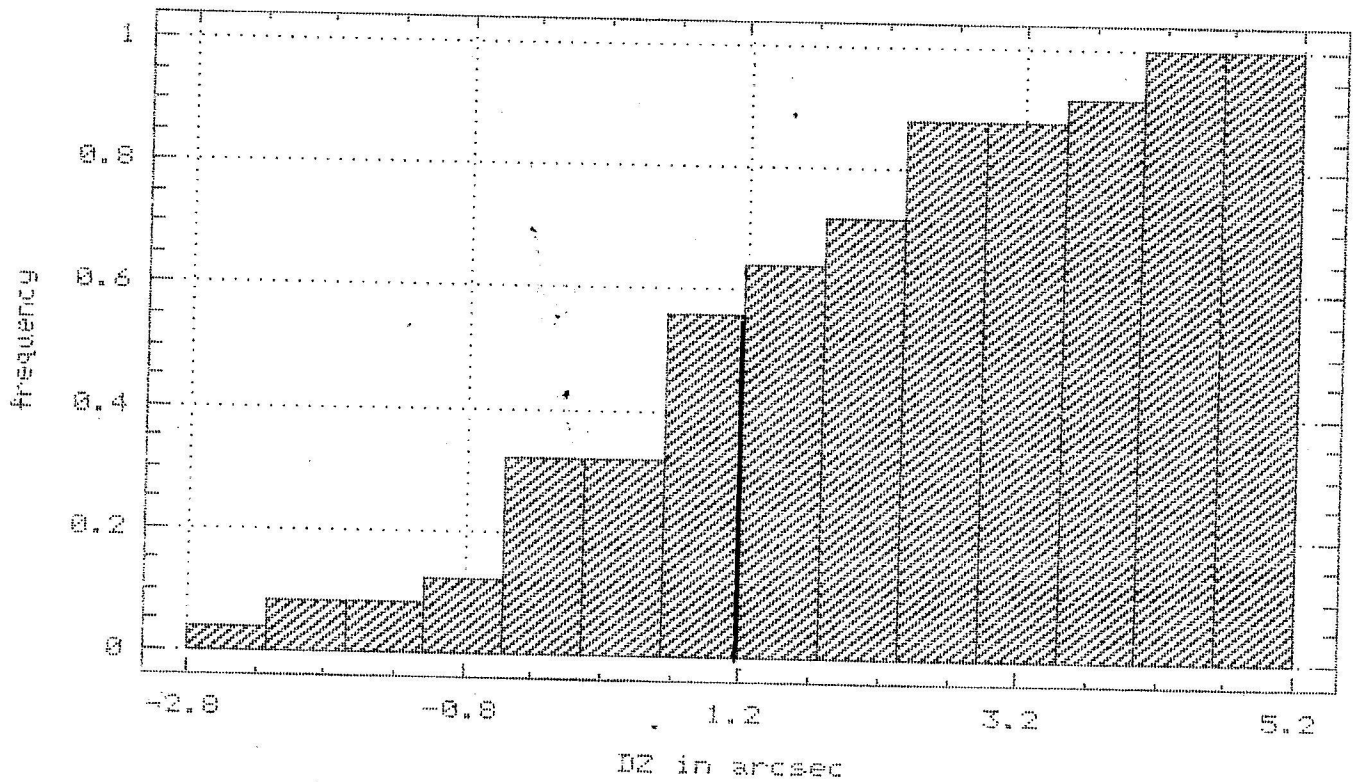


Рис.2 Гистограммы распределения ошибок наведения
21.05.1997, фокус N2 БТА.

Таблица 2.
Запись процесса
коррекции ведения
15.05.1997 ПФ

Тм-22	DA*	DZ
sinZ		
036.6	+0.0	+0.2
039.0	+0.0	+0.0
040.0	-0.2	-0.3
040.5	-0.2	-0.0
041.0	+0.1	+0.0
045.3	+0.3	-0.2
047.1	+0.3	+0.0
049.4	+0.4	-0.3
050.8	+0.2	-0.3
051.4	+0.4	-0.2
052.2	+0.4	-0.2
054.7	+0.4	-0.3
056.4	+0.5	-0.0
058.5	+0.5	-0.1
059.8	+0.4	-0.0
062.9	+0.5	+0.0
063.6	+0.7	+0.0
064.8	+0.7	+0.1
065.2	+0.5	+0.1
066.0	+0.4	+0.1
066.5	+0.4	+0.0
067.2	+0.4	+0.0
108.6	+0.5	-0.3
110.3	+0.4	+0.0
134.5	+0.5	+0.0
135.7	+0.2	+0.1
138.1	+0.3	+0.0
139.3	+0.2	-0.6
140.2	+0.3	-0.5
140.6	+0.2	-0.3
141.3	+0.3	-0.2
143.3	+0.3	-0.2
144.8	+0.1	-0.2

Приведены накопленные поправки коррекции
DA* $\sin Z$ и DZ в угл.сек.

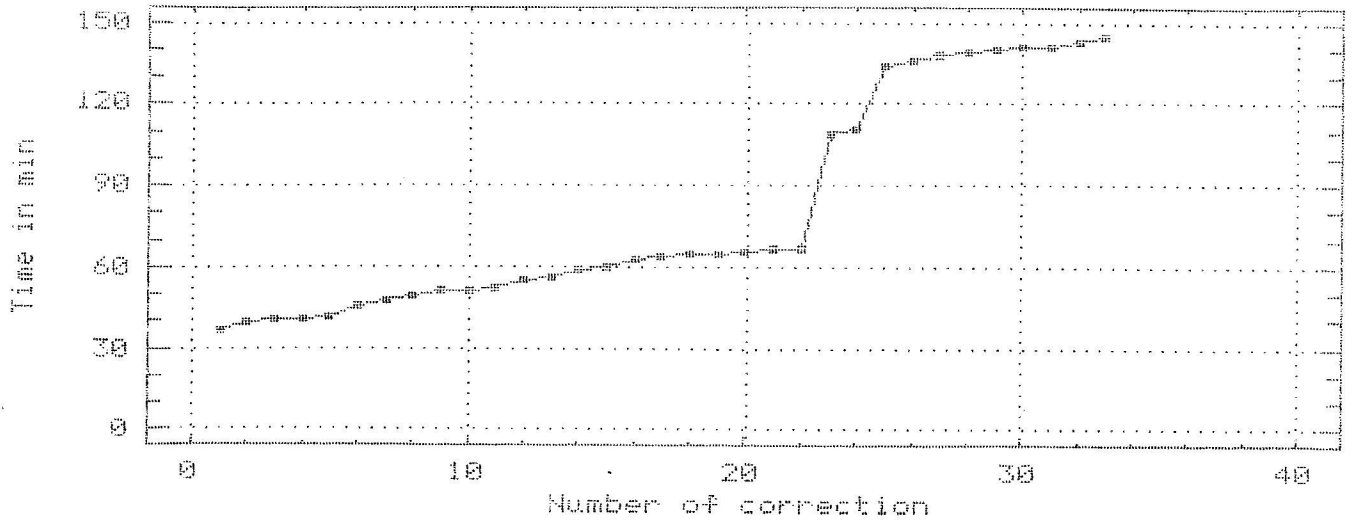
Таблица 3.

Результаты операций коррекции наблюдателем
программного ведения БТА.

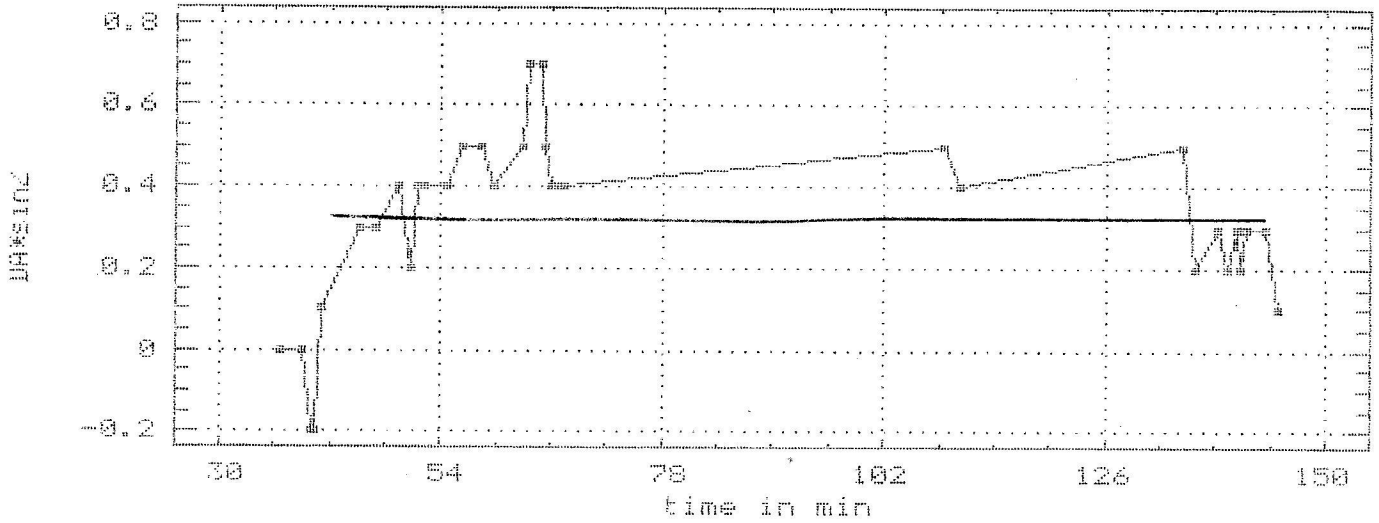
Dt	DA* sinZ	DZ
2.4	+0.0	-0.2
1.0	-0.2	-0.3
0.5	+0.0	+0.3
0.5	+0.3	+0.0
4.7	+0.2	-0.2
1.8	+0.0	+0.2
2.3	+0.1	-0.3
1.4	-0.2	+0.0
0.6	+0.2	+0.1
0.8	+0.0	+0.0
2.5	+0.0	-0.1
1.7	+0.1	+0.3
2.1	+0.0	-0.1
1.3	-0.1	+0.1
3.1	+0.1	+0.0
1.7	+0.2	+0.0
0.8	+0.0	+0.1
0.4	-0.2	+0.0
0.8	-0.1	+0.0
0.5	+0.0	-0.1
0.7	+0.0	+0.0
1.7	-0.1	+0.3
2.4	-0.3	+0.1
1.1	+0.1	-0.1
41	+0.1	-0.3
24	+0.1	+0.0

Dt в мин. - время между операциями коррекции,
DA*sinZ и DZ в угл.сек. - результат данной коррекции.

Time of correction
15.05.1997 PF



Cumulative correction in PF
15.05.1997 DA* \sin^2 in arcsec



Cumulative correction in PF
15.05.1997 DZ in arcsec

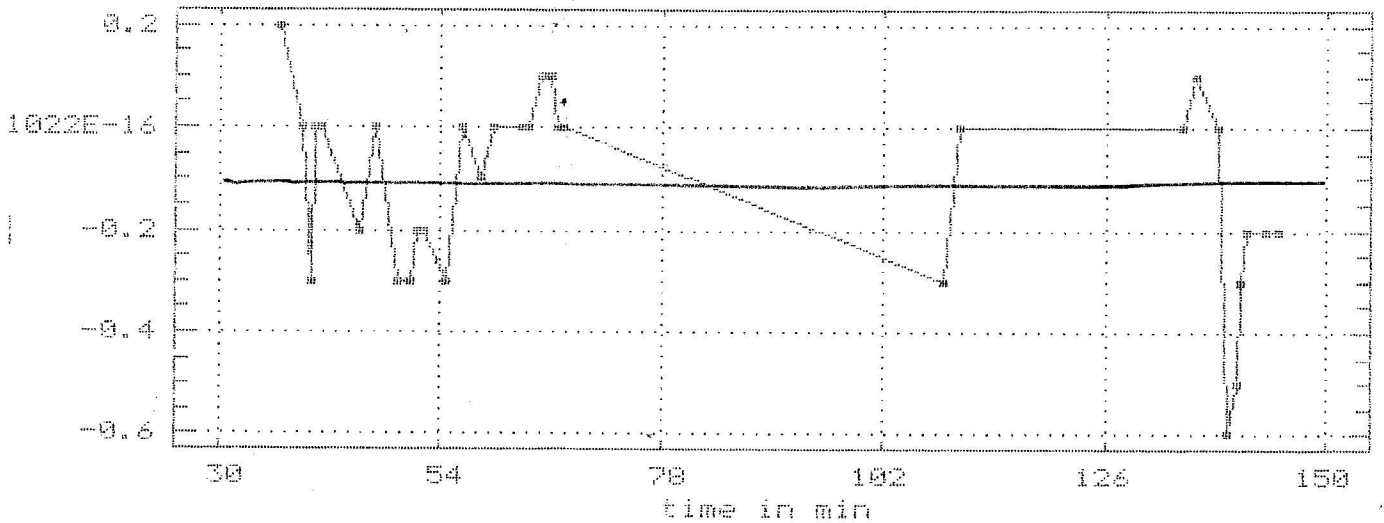
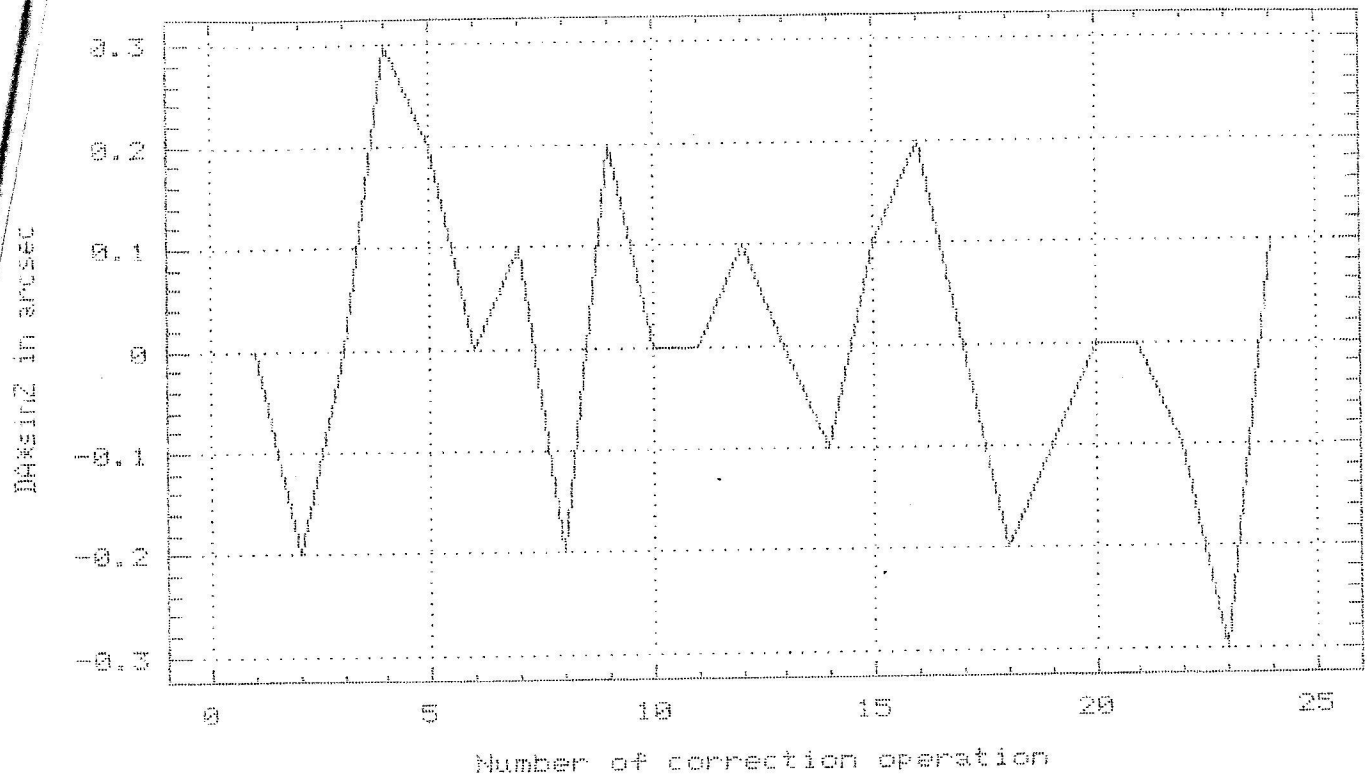


Рис.3 Коррекция наблюдателем процесса программного ведения в первичном фокусе БТА 15.05.1997. Вверху - время

Results of correction of BTA guiding
15.05.1997 PF



Results of corrections of BTA guiding
15.05.1997 PF

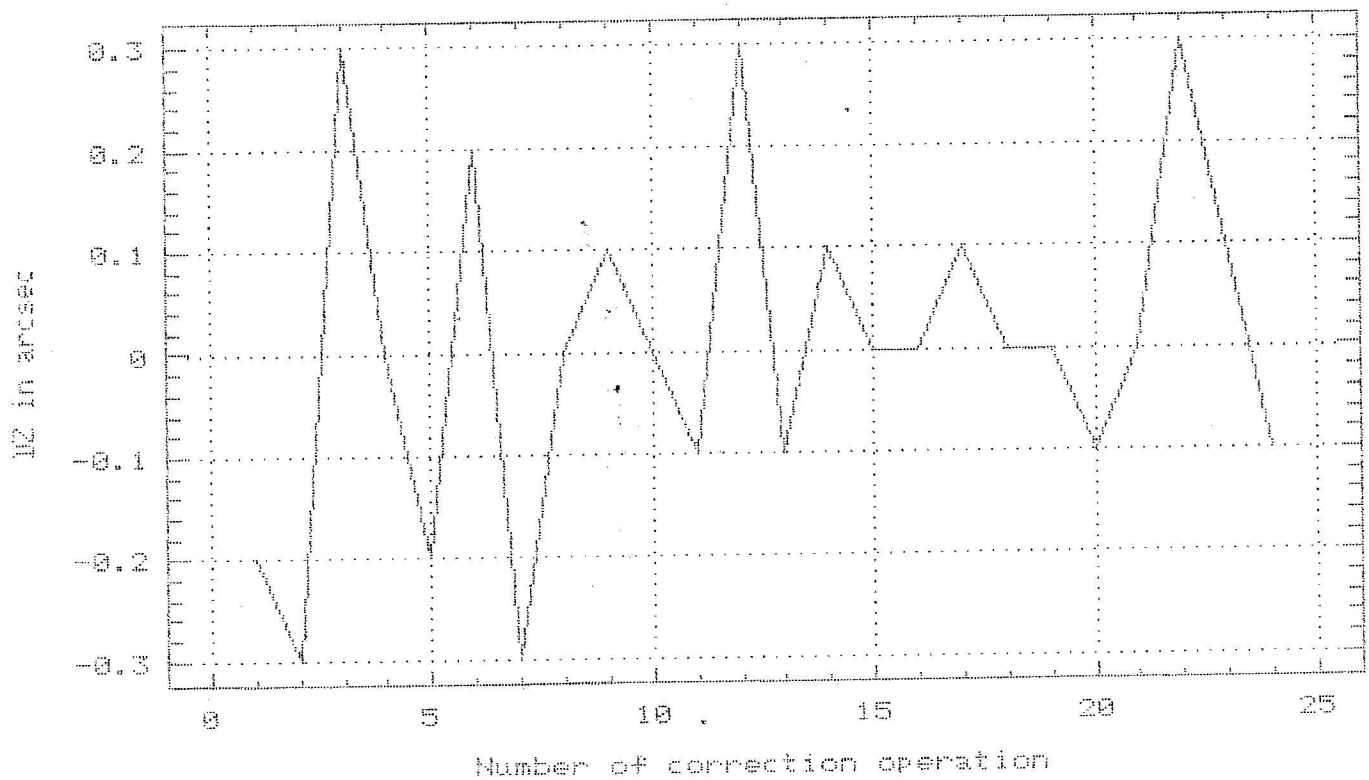


Рис.4 Результаты операций коррекции наблюдателем программного ведения БТА