

Отм. CAO
№ 334

**Федеральное государственное бюджетное учреждение науки
Специальная астрофизическая обсерватория Российской академии наук
(CAO РАН)**

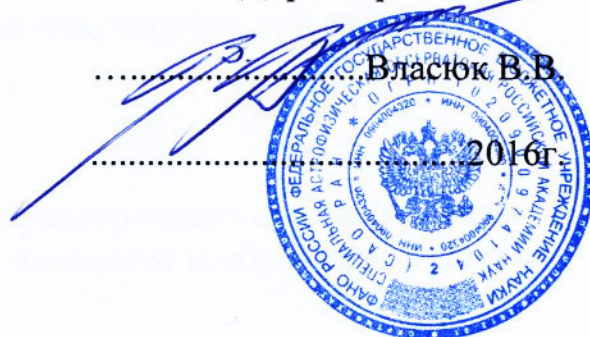
Согласовано.
Зам. директора
по научной работе
Мухомов Д.О. /
22.11.2016

Утверждаю

Директор CAO РАН

Власюк В.В.

2016г.



Исследование фокусировки телескопа ZEISS-1000

Научно-технический отчет

вед. инж. С.В.Драбек

к.т.н. В.В.Комаров

Нижний Архыз

2016 г.

ОГЛАВЛЕНИЕ

1. Введение
2. Узел фокусировки телескопа
3. Управление фокусировкой телескопа
4. Измерение шкалы сельсин-датчика
5. Описание методики измерения масштаба шкалы сельсин-датчика
6. Измерение размера люфта в механизме фокусировки при изменении направления движения
7. Описание методики измерения люфта
8. Положение концевых выключателей, «размер полного хода» привода фокусировки и положение фокальной плоскости изображения в фокусе Кассегрена
9. Заключение

Введение

После 25 лет эксплуатации телескопа ZEISS-1000 потребовалось уточнение таких характеристик как: масштаб шкалы сельсин-датчика фокусировки, полный ход перемещения вторичного зеркала и диапазон смещения фокальной плоскости в фокусе Кассегрена относительно фланца поворотного стола. А также, в связи с отсутствием необходимой технической документации, касающейся механизма фокусировки телескопа, возникла потребность в её доработке.

Авторами был исследован механизм фокусировки совместно с сельсин-датчиком для паспортизации их характеристик. В отчете содержится информация, о результатах проведенных исследований, а так же ответы на некоторые вопросы, беспокоящие наблюдателей при фокусировке телескопа в процессе наблюдений.

Узел фокусировки телескопа

У телескопа Zeiss1000 имеется два вспомогательных (вторичных) зеркала (рис.1). Одно перенаправляет лучи от главного зеркала в фокус Кассегрена через отверстие главного зеркала, другое – через систему плоских зеркал в фокус Кудэ. Оба вспомогательных зеркала смонтированы на одной опорной крестовине у входного отверстия трубы телескопа и развернуты тыльными сторонами друг к другу. Путем переворачивания крестовины на 180 градусов зеркала могут включаться в соответствующую схему хода оптических лучей. Для системы Ричи-Кретьена с фокусным расстоянием 13.3м вторичное зеркало имеет диаметр 324мм, для системы Кудэ – фокусное расстояние 36.5м, диаметр вспомогательного зеркала – 294мм.

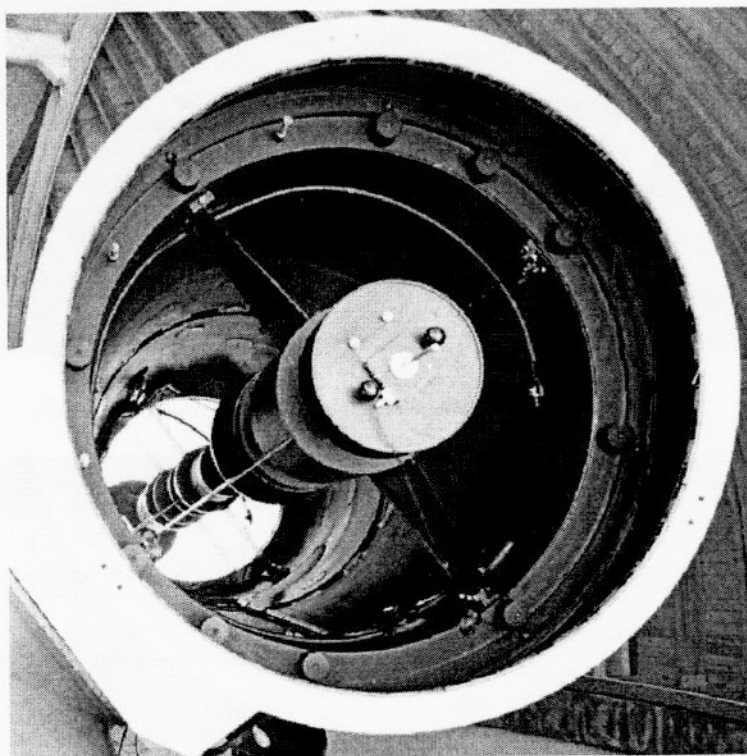


Рис.1 Труба телескопа Zeiss-1000. Внутри сзади – главное зеркало диаметром 1016мм и фокусным расстоянием 4064мм. Спереди по центру – крестовина с узлом крепления вторичных зеркал и фокусировки.

Для фокусировки телескопа оба вторичных зеркала перемещаются вдоль оптической оси главного зеркала по безззорной роликовой направляющей. Перемещение осуществляется с помощью дистанционно управляемого электропривода. Информация о положении фокусирующего устройства в опорной крестовине передается двумя сельсинами грубого и точного отсчетов на пульт управления фокусировкой, расположенной в аппаратном помещении на рабочем месте наблюдателя.

Управление фокусировкой телескопа

Управление фокусировкой может осуществляться вручную кнопками пульта фокусировки из аппаратной Цейсс-1000 (рис.2) и программно: из окна “Focus” программы управления телескопом “Zeiss1000 TCS GUI” (рис.3).

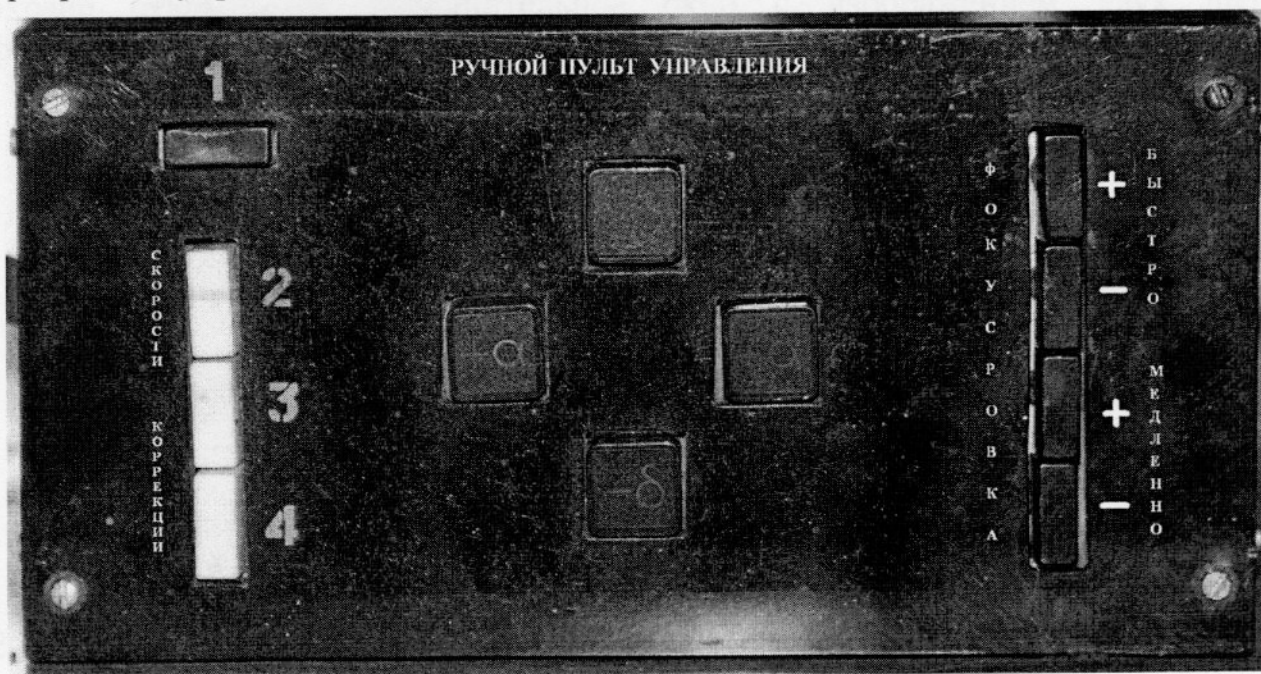


Рис.2 Пульт ручного управления фокусировкой

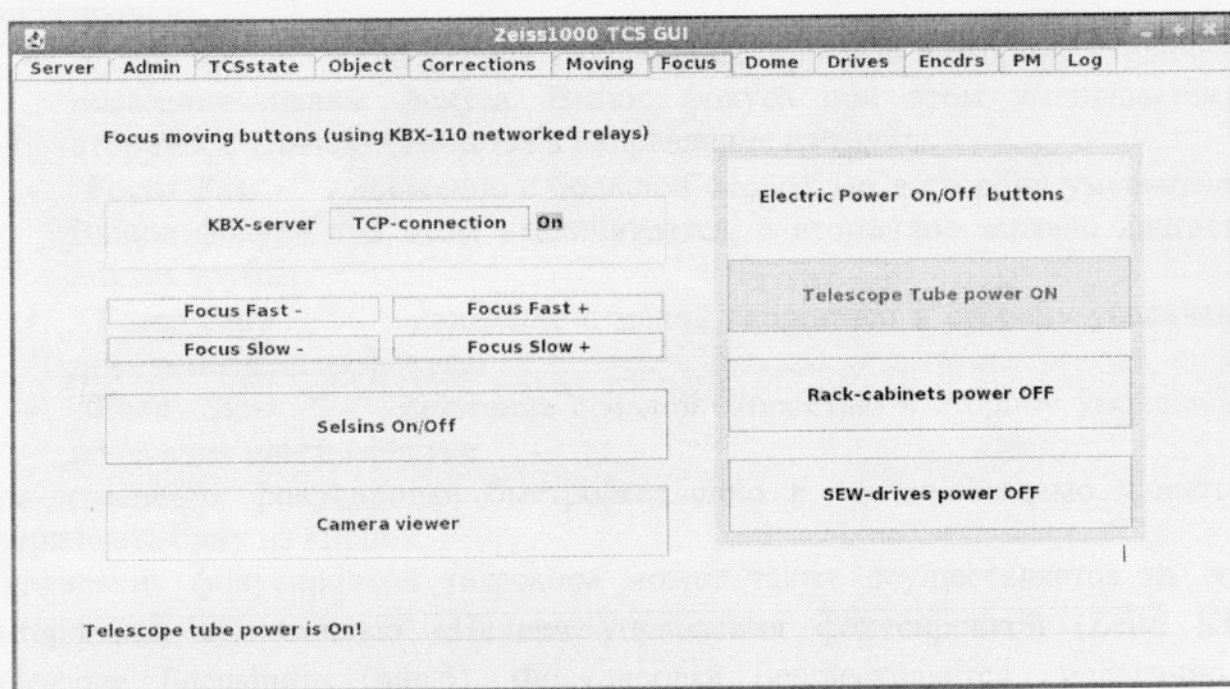


Рис.3 Программная панель управления фокусировкой телескопа

Назначение кнопок программной панели управления фокусировкой:

1. Кнопка «**Camera viewer**» включает/отключает показ видеоизображения с камеры, показывающей шкалы сельсинов в реальном времени. При этом, на экране открывается дополнительное окно с изображением двух шкал фокусировки (рис.4).

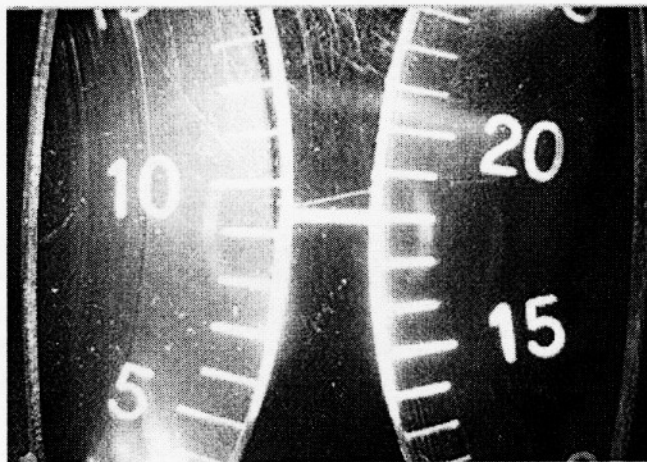


Рис.4 Изображение, показывающее две шкалы сельсинов фокусировки

2. Кнопка "**Selsins On/off**" — включение/выключение питания сельсинов и подсветки шкал.

3. Кнопки "**Focus Fast/Slow +/-**" управляют соответствующими двигателями фокусировки:

- "**Focus Fast +**" - движение с большой скоростью в сторону увеличения показания шкалы фокуса. Вынос фокуса при этом уменьшается, а вторичное зеркало двигается в направлении из трубы.
- "**Focus Fast -**" - движение с большой скоростью в сторону уменьшения. Вынос фокуса при этом увеличивается, а вторичное зеркало двигается внутрь трубы.
- "**Focus Slow +**" - движение с малой скоростью в сторону увеличения показания шкалы фокуса.
- "**Focus Slow -**" - движение с малой скоростью в сторону уменьшения показания шкалы фокуса.

Для изменения фокусировки быстро/медленно в +/- необходимо нажать и удерживать одну из кнопок.

Управление фокусировкой телескопа может также осуществляется из web-интерфейса, с помощью «Панели управления фокусировкой (Zeiss KBX Telescope Focusing)» (рис.5). Фокусировка осуществляется аналогично с вышеописанным способом.

Zeiss/Moxa Dome&Mirror control

User: Shergin V.S. (AccessLevel=5)

User: vsher --user's--choice- Passw: ●●●● Set

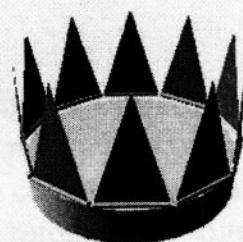
Doors Stop 100%	DomeDoors Open	DomeDoors Close	Stop
Covers Stop 100%	Mirror Open	Mirror Close	Stop
Lamp Off	Light On	Light Off	Moxa's Time 1406691s
Dome On	DomePower On	DomePower Off	

KBX Connected Tel.Tube Power Cabinets Power SEW Power KBX's Time 32269s

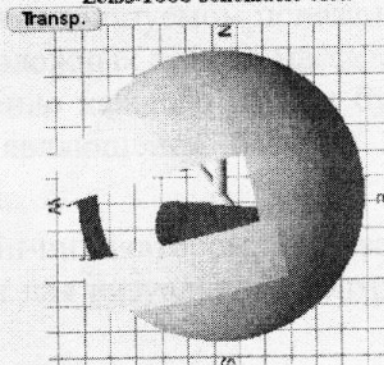
Zeiss TCS state

Telescope	Tracking	Dome Stop
H.A.:	04:07:44.745	Azimuth: 76.29 (-2)
Decl.:	+29:43:29.12	Velocity: 0
Azim.:	+95:49:26.83	Targ.Azim.: 76.76
Z.D.:	+50:18:55.34	Difference: 0.47
VHA.:	+00:00:01.004	VDecl: +00:00:00.00

Mirror schematic view



Zeiss-1000 schematic view



Manual Telescope&Dome moving

User: Shergin V.S. (AccessLevel=5)

H.A.: 8^m 4^m 2^m 14^s 1.4^s 0.14^s

Dec+	Decl.: 2° 1° 30' 3.5' 21" 2.1"	<-- Dome
HA- Stop HA+		Stop
Dec-		Dome +>
Stop • HA-track GoToHorizon		



Zeiss/KBX Telescope Focusing

Fast -	Fast +	Selsins On/Off
Slow -	Slow +	Camera On/Off

OK

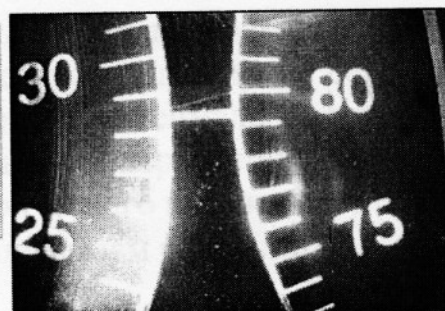


Рис.5 Web-интерфейс наблюдателя с панелью управления фокусировкой

Измерение шкалы сельсин-датчика

Измерения или калибровка шкалы сельсин-датчика проводилась в горизонтальном положении трубы телескопа при температуре окружающего воздуха -5°C . Электронный микрометрический индикатор со шкалой 1 мкм был установлен в магнитной стойке на горизонтальную плоскость одной из растяжек трубы, с целью измерения относительного расстояния до плоской части оправы вторичного зеркала, находящегося в неиспользуемом положении. Так как оба зеркала жестко закреплены на противоположных концах массивной направляющей цилиндрического сечения, то смещение каждого из них будет определяться движением самой направляющей, являющейся базисом для закрепленных на нее предметов.

Сельсин-датчик связан электрически с сельсин-индикатором, на валах которого закреплены диски с нанесенными шкалами для визуального контроля положения.

Описание методики измерения масштаба шкалы сельсин-датчика

- Задавая движение привода с малой скоростью в минус, проезжаем расстояние более 30 отсчетов шкалы для выборки люфта в механизме привода и устанавливаем на шкале точного отсчета некоторое выделенное положение, например 0, которое фиксируем в журнале измерений.
- Далее, выставляем микрометр в контакт с подвижной плоскостью и затем сбрасываем отсчет его шкалы в 0.
- Включаем привод фокусировки с малой скоростью и продолжаем двигаться в ту же сторону (в минус) до тех пор, пока колесо сельсин-датчика не совершит один полный оборот. После чего останавливаемся максимально точно на выделенном положении, ни в коем случае не изменяя направления движения. После остановки записываем показания микрометрического индикатора.
- Повторяем данную процедуру несколько раз и записываем результаты.

Результаты измерений: 1 оборот = 1028 мкм; 2 оборота = 2056 мкм.

Выводы:

- Один оборот точного диска точно соответствует одному делению грубого диска.
- Один оборот точного диска и, соответственно, одно деление грубого диска соответствуют смещению вторичного зеркала на $1 \times 1.028 = 1.028 \text{ мм}$.
- Цена деления шкалы сельсина точного отсчета соответствует смещению вторичного зеркала на $0,010 \times 1.028 = 0.01028 \text{ мм}$.
- Цена деления шкалы сельсина грубого отсчета соответствует смещению вторичного зеркала на $1.0 \times 1.028 = 1.028 \text{ мм}$.

Измерение размера люфта в механизме фокусировки при изменении направления движения

Давно было замечено наблюдателями, что при изменении направления фокусировки положение вторичного зеркала не соответствует показаниям сельсин-датчиков, но величина самой ошибки осталась неизвестной из-за отсутствия результатов специальных измерений.

Описание методики измерения люфта

Измерения производились с помощью той же установки, состоящей из магнитной стойки и электронного микрометрического индикатора со шкалой 1 мкм.

Для измерения размера люфта, а точнее вызываемой люфтом ошибки измерения сельсин-датчика, используем контролируемое микрометрическим индикатором смещение зеркала на несколько равных интервалов со сменой направления.

- После выборки люфта в выбранном направлении (см. описание предыдущей методики) определяем по точной шкале сельсин-датчика выделенное положение (например, 10)

- Устанавливаем, как и в предыдущем случае, электронный микрометрический индикатор и, для удобства, сбрасываем его показания в 0.

- Совершаем несколько перемещений в выбранном направлении через 10 отсчетов точной шкалы сельсин-датчика. Показания сельсин-датчика и микрометрического индикатора записываем в таблицу 1.

- После окончания цикла измерений в данном направлении, переходим к перемещению вторичного зеркала в обратном направлении по тем же точкам с окончанием цикла измерений в начальной точке (рис.6).

- Разность показаний микрометрического индикатора (таблица 2) свидетельствует о наличии люфтового зазора в механизме. Вычислив среднее значение ошибки по серии измерений, определим размер люфта и существующую дисперсию отсчетов, которая свидетельствует о точности установки заданного положения зеркала.

Выводы

- Люфт в механизме при горизонтальном положении трубы составляет 36 микрон.

- Ошибка установки заданного положения по сельсин-датчику, при движении в одном направлении, может достигать величины ± 17 мкм из-за:

- Задержки в установке фиксированного положения связанной с высокой вязкостью применяемой смазки (зависит от рабочей температуры);
- Трения и люфта в зацеплениях редуктора;
- Визуальной ошибки считывания шкалы.

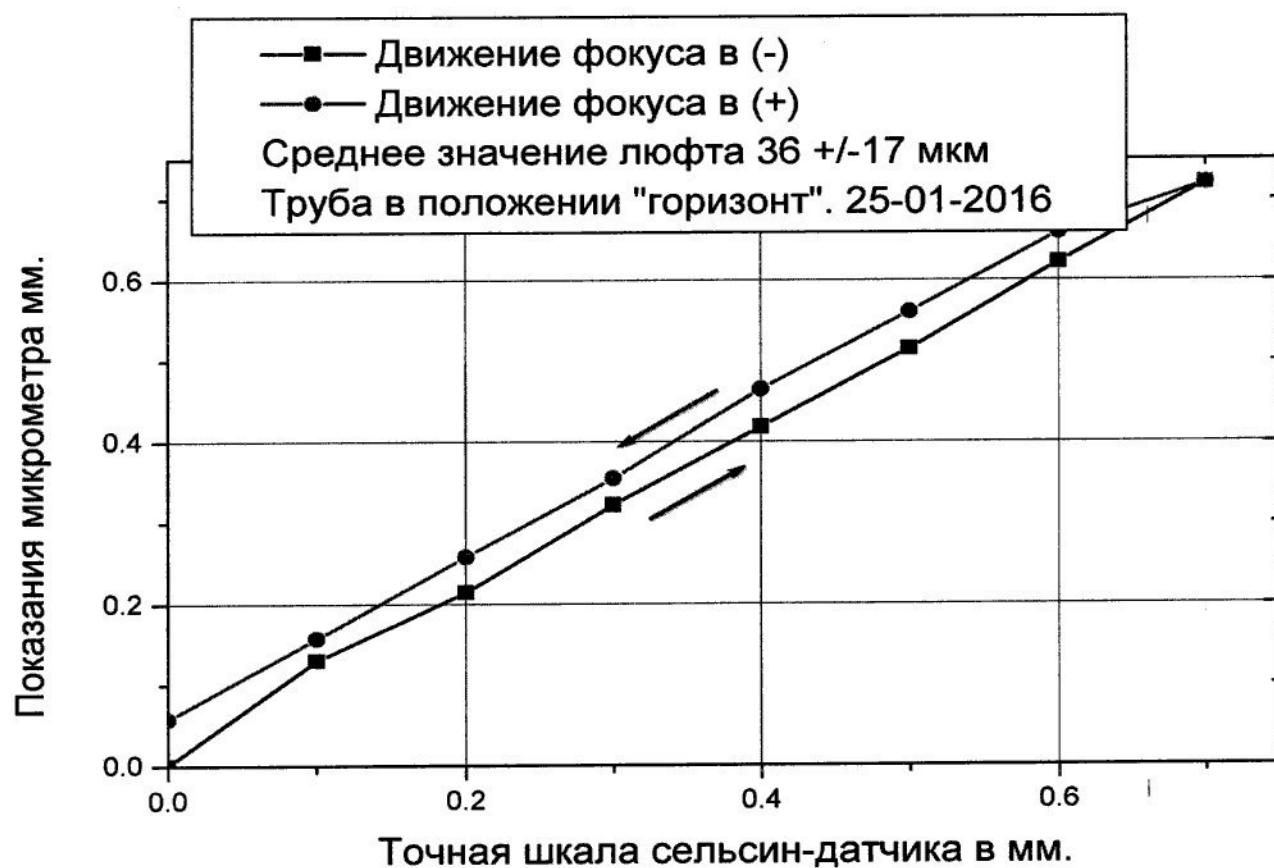


Рис.6 График, иллюстрирующий наличие люфта в механизме фокусировки

Таблицы с результатами измерений

Таблица 1

Диск сельсина	Микрометр
Делений	мм
0	0.000
-10	0.130
-20	0.214
-30	0.322
-40	0.418
-50	0.515
-60	0.622
-70	0.720
-60	0.659
-50	0.560
-40	0.465
-30	0.355
-20	0.258
-10	0.157
0	0.057

Таблица 2

Диск сельсина	Микрометр в (-)	Микрометр в (+)	Ошибка
мм	мм	мм	мм
0.0	0.000	0.057	0.057
0.1	0.130	0.157	0.027
0.2	0.214	0.258	0.044
0.3	0.322	0.355	0.033
0.4	0.418	0.465	0.047
0.5	0.515	0.560	0.046
0.6	0.622	0.659	0.037
0.7	0.720	0.720	0.000

Выводы

- Среднее значение люфта при изменении направления фокусировки по 7 точкам составляет 36 мкм при дисперсии отсчетов ± 17 мкм.
- 36 мкм соответствует 3,6 делениям диска, а 17 мкм соответствует 1,7 делению диска.

Положение концевых выключателей, «размер полного хода» привода фокусировки и положение фокальной плоскости изображения в фокусе Кассегрена

Положение концевых выключателей в приводе фокусировки соответствует следующим значениям шкалы сельсин-датчика:

Таблица 3

	По шкалам сельсин-индикатора	Отсчет по линейке
Нижняя граница или крайний (-)	2 + 85	116.0 мм
Верхняя граница или крайний (+)	77+30	192.5 мм
Величина полного хода	74+45	76.5 мм

Примечания:

- Разница в измерениях для величины полного хода по линейке и шкалы сельсин-индикатора составляет +2,05 мм, что, по-видимому, является суммарной ошибкой проведенных измерений.

Заключение

- При движении фокуса в (+) механизм выдвигает зеркало наружу из трубы или:
 - поднимает вверх;
 - увеличивает расстояние от главного зеркала;
 - приближает фокальную плоскость к фланцу трубы;
 - уменьшает отрезок выноса фокуса.
- При движении фокуса в (-) механизм вдвигает зеркало внутрь трубы или:
 - опускает вниз;
 - уменьшает расстояние от главного зеркала;
 - удаляет фокальную плоскость от фланца трубы;
 - увеличивает отрезок выноса фокуса.
- При проталкивании руками направляющей с зеркалами вдоль его оси она перемещается на 20-40 микрон.
- При толкании руками направляющей, наблюдается невозвратное смещение направляющей по углу относительно крестовины, что наблюдалось и при юстировке вторичного зеркала методом Шака-Гартмана, когда концентрация энергии изменялась как функция от наклона трубы относительно горизонта.
- На малой скорости механизм иногда издает скрежет.
- На большой скорости редуктор сильно воет и в нескольких местах происходит остановка привода из-за перегрузки при движении в направлении (+).
- Необходимо, в ближайшее время, проверить состояние редуктора и, возможность рассмотреть варианты его замены новым.

Полный ход фокусирующего механизма составляет:

- $192.5 - 116 = 76.5 \text{ мм}$ (по измерению линейкой);
- $77.30 - 2.85 = 74.45 \text{ мм}$ (по измерению сельсин-индикатора)