

МАКЕТ БОЛЬШОГО ТЕЛЕСКОПА НА АЛЬТАЗИМУТАЛЬНОЙ МОНТИРОВКЕ

Я. Б. Вяткин, А. С. Найшуль, Е. М. Неплохов

Дается описание макета Большого телескопа на альтазимутальной монтировке и организации управления макетом. Приводятся экспериментальные данные по исследованию программного управления макетом БТА.

The paper describes a scale model of the Big Telescope on an altazimuth mounting and an organizing of its control system. Experimental data on investigation of the program control of the BTA scale model are presented.

Прежде чем было принято решение о выборе альтазимутальной монтировки для строящегося в настоящее время в Советском Союзе оптического телескопа с диаметром зеркала 6 м, были проведены исследования с целью выявления возможности реального осуществления системы управления, отвечающей всем требованиям задачи управления телескопом на альтазимутальной монтировке [1—4]. Некоторый опыт по управлению инструментами на альтазимутальных монтировках был накоплен при работе с радиотелескопами [5, 6], однако при решении задачи управления оптическим альтазимутальным телескопом возникает ряд совершенно новых и неисследованных научных и технических проблем, обусловленных значительно более высокими требованиями, предъявляемыми к точности управления и так называемым эффектам вращения поля [4].

Для обеспечения управления оптическим альтазимутальным телескопом необходима совместная работа нескольких систем [3]:

- 1) цифровой комбинированной системы автоматического управления (САУ),
- 2) системы фотоэлектрической автоматической коррекции (ФАК),
- 3) системы компенсации вращения поля (СКВП).

После тщательной проработки вопроса на ЛОМО сочли целесообразным решить задачу компенсации вращения поля программным путем. Система ФАК отработывалась автономно на стенде «искусственная звезда» и в полевых условиях. Некоторые достоверные данные о работе всего комплекса управления можно было получить на основании исследования цифровой комбинированной САУ [3].

Для проведения этих исследований был построен макет Большого телескопа на альтазимутальной монтировке (МБТ) с комплектом аппаратуры управления. Кроме указанных исследований, на макете отработывалась также методика управления таким совершенно новым и необычным инструментом, каким является крупный оптический телескоп на альтазимутальной монтировке.

Макет (рис. 1) представляет собой альтазимутальный телескоп системы Нэсмита с диаметром главного зеркала $D=600$ мм и фокусным расстоя-

нием $F=12$ м. Телескоп оборудован искателем (поисковой системой) с фокусным расстоянием объектива $F=1000$ мм и сменными окулярами: окуляром C ($F=7$ мм), окуляром C ($F=14$ мм), окуляром K ($F=40$ мм) и окуляром H ($F=60$ мм). На рис. 2 приведена оптическая схема макета Большого телескопа.

Система наведения телескопа выполнена на электродвигателях серии СЛ-521 ($P=77$ Вт, $U=110$ В, $n=3000$ об./мин.) с электромашиным усилителем ЭМУ-5А ($P=0.5$ кВт, $U=115$ В, $I=4.35$ А). Ограничение ускорений наведения обеспечивается схемой токовой отсечки, подключенной к компенсационной обмотке ЭМУ.

В качестве датчика обратной связи по скорости в системе использован тахогенератор типа АТ-231 с крутизной сигнала $K=0.048$ В·сек./рад. Система наведения обеспечивает две скорости наведения: 210 об./сутки и 14 об./сутки.

Система слежения телескопа выполнена на электродвигателях серии СЛ-261 ($P=24$ Вт, $U=110$ В, $n=3000$ об./мин.) с электромашиным усилителем ЭМУ-3А ($P=0.2$ кВт, $U=115$ В, $I=1.75$ А). В качестве датчика обратной связи по скорости используется тахогенератор АТ-231. Приводы слежения обеспечивают регулирование скорости телескопа по обеим осям в диапазоне 1 : 1000.

В качестве датчиков, кодирующих положение телескопа, в макете применены двух-отсчетные датчики индукционного типа, установленные на валах червяков последних червячных пар приводов с передаточным числом $i=256$. Цена единицы младшего разряда датчика, приведенного к оси трубы, составляет $1''25$, что соответствует 19-му двоичному разряду.

На рис. 3 показана схема организации управления макетом Большого телескопа (МБТ).

В качестве устройства системы управления, служащего для преобразования координат и реализации алгоритма управления, используется макет цифровой управляющей машины (ЦУМ) (рис. 4). В системе управления телескопом ЦУМ решает следующие задачи:

- 1) преобразует координаты наблюдаемого объекта из экваториальной системы координат в азимутальную, вычисляет параллактический угол q и рассчитывает скорости изменения координат \dot{A} , \dot{z} ;
- 2) работая в реальном масштабе времени, осуществляет управление следящими приводами;
- 3) вычисляет и вводит коррекционные поправки в систему управления;

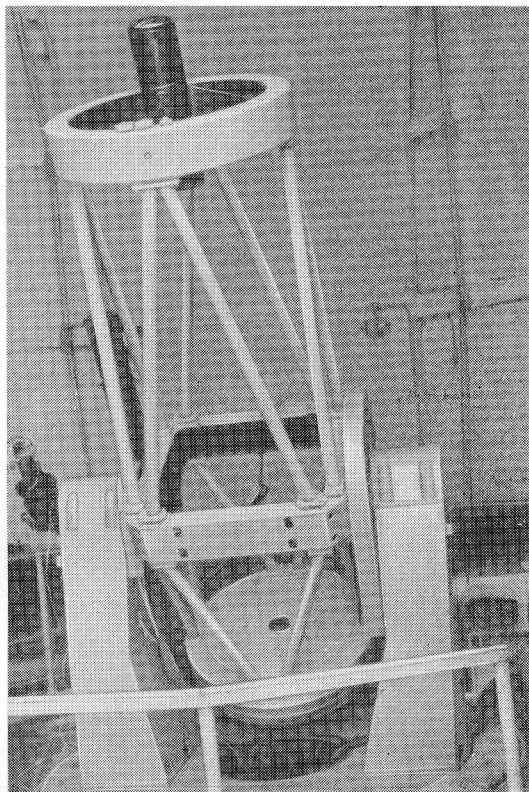


Рис. 1. Фотография макета Большого телескопа.

4) решает логические задачи, связанные с выбором режимов работы системы управления и осуществляет ряд переключений в ней;

5) преобразует исходные данные для расчета координат α , δ , $\dot{\alpha}$, $\dot{\delta}$ и сигналы обратной связи из различных форм представления и систем счисления в цифровой двоичный код;

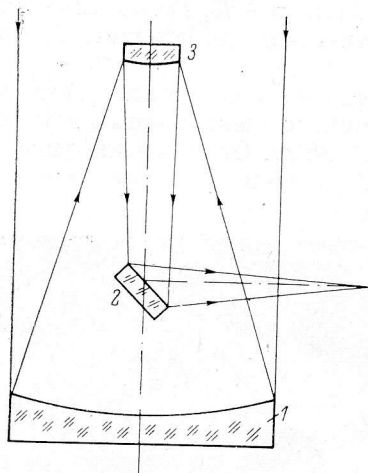


Рис. 2. Оптическая схема макета Большого телескопа.

1 — главное параболическое зеркало; 2 — диагональное плоское зеркало; 3 — вторичное гиперболическое зеркало.

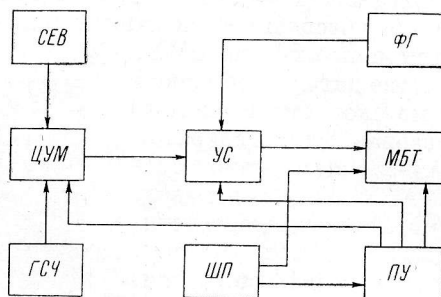


Рис. 3. Схема организации управления макетом Большого телескопа.

6) осуществляет вывод контролируемых величин на цифровое табло;
7) осуществляет контроль правильности работы системы управления в целом и процесса вычислений в самой ЦУМ.

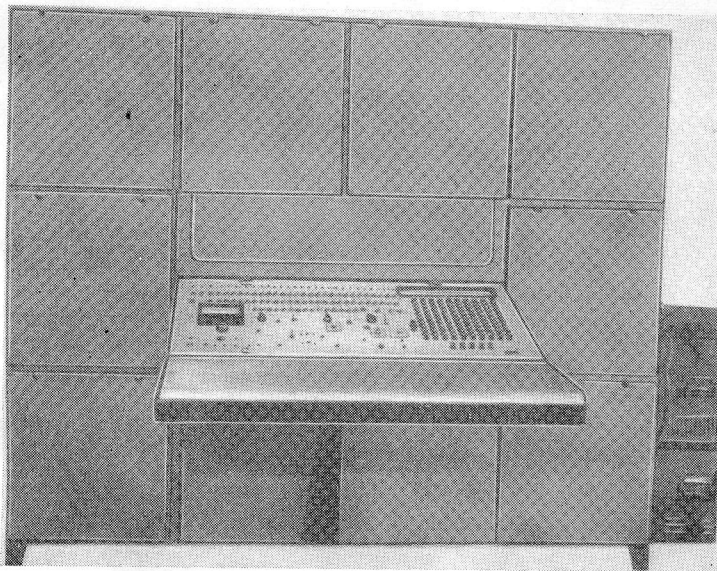


Рис. 4. Фотография макета цифровой управляющей машины.

Основные технические параметры ЦУМ:

система счисления — двоичная 27-разрядная сетка (включая знаковый разряд);

форма представления чисел — с фиксированной запятой после знакового разряда;

система команд — одноадресная;

работа основных устройств — последовательная;

время вычисления операций:

сложение — 0.64 мсек.,

умножение — 10.0 мсек.,

деление — 18.5 мсек.,

переход — 1 мсек.;

емкость ОЗУ — 64 27-разрядных числа,

емкость ПЗУ команд — 1500 16-разрядных команд,

емкость ПЗУ чисел — 128 27-разрядных чисел;

управление машиной — двухпрограммное.

ЦУМ оборудована 10-разрядными преобразователями «цифра—напряжение» (ПЦН).

Для выработки звездного времени применено устройство сигналов времени, состоящее из генератора стабильной частоты (ГСЧ), блока раз-

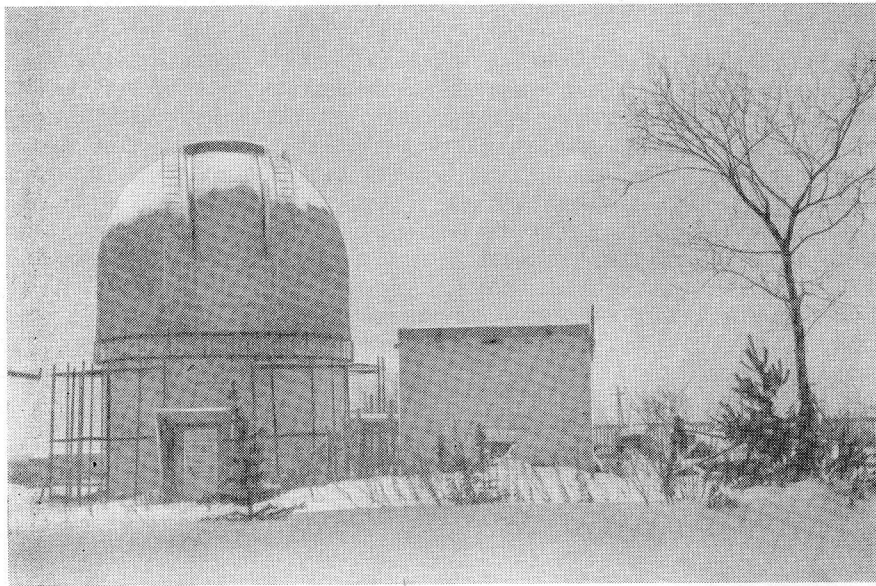


Рис. 5. Фотография башни макета Большого телескопа.

множения импульсов (БРИ) и счетчика звездного времени Сч. *S*. БРИ и Сч. *S* размещены в ЦУМ. ГСЧ вырабатывает периодическое напряжение частоты $f=93\,573.147$ гц с погрешностью, не превышающей 10^{-7} от заданного значения, и нестабильностью частоты $\pm 5 \cdot 10^{-8}$ гц. БРИ осуществляет преобразование синусоидального напряжения стабилизированной частоты в одноктактную последовательность импульсных сигналов и производит размножение тактов. Контроль работы ГСЧ производится по радиосигналам службы единого времени (СЕВ).

В усилительной станции (УС) системы управления размещены усилители следящих систем МБТ:

- 1) усилители наведения по осям *A* и *z*,
- 2) усилители слежения по осям *A* и *z*,
- 3) усилитель системы фотогида (ФГ).

На передней панели УС установлены контрольно-измерительные приборы приводов МБТ.

С пульта управления (ПУ) системы управления МБТ осуществляются:

- 1) выбор режима работы системы управления:
 - а) программный режим работы по сигналам ЦУМ,
 - б) полуавтоматический режим работы, осуществляемый с ПУ или с выносной клавиши,
 - в) режим коррекции программного управления от клавиши через ЦУМ;
- 2) фокусировка оптической системы телескопа;
- 3) блокировки отдельных цепей системы управления при наладке приводов;
- 4) сигнализация предельных положений телескопа: $\pm 240^\circ$ по A ; 0° и 85° по z ;
- 5) аварийное выключение приводов.

Аппаратура для выключения приводных электродвигателей ЭМУ, следящих систем телескопа и системы маслопитания размещена в шкафу питания (ШП). Здесь же размещены схемы блокировок приводных электродвигателей, а также лампочки сигнализации о нормальной работе системы управления.

На макете, установленном в башне ГАО в Пулковке (рис. 5), проводились экспериментальные работы, которые имели целью оценку качества программного управления телескопом, проверку правильности принятых логических операторов алгоритма управления, определение точности автоматического наведения, а также величины и характера изменения ошибки в процессе программного слежения за объектом наблюдения. Макетирование совместной работы систем компенсации вращения поля и ФАК на этом макете не проводилось.

Для определения точности автоматического наведения телескопа в ЦУМ вводились координаты звезд в различных участках неба. Ошибка наведения считывалась в фокусе Нэсмита по смещению оптического изображения звезды относительно центра поля зрения. Результаты экспериментов приведены в таблице.

Звезды	Координаты				Ошибка наведения	
	часовой угол, t	склонение, δ	азимут, A	зенитное расстояние, z	по оси y	по оси x
Денеб	1h24 ^m	45°40'17"	50°	19°	21"	32"
β Пегаса	0 13	27 54 06	5	32	57	64
α Кассиопеи	1 08	56 22 31	34	11.5	57	24
Капелла	22 00	45 58 21	280	28	51	48

Из таблицы видно, что максимальная ошибка автоматического наведения в фокальной плоскости для данной серии наблюдений составила величину порядка 1'.

Анализ программного управления телескопом на альтазимутальной монтировке, проведенный в [7], показывает, что результирующая ошибка программного управления МБТ по порядку малости определяется наклоном вертикальной оси монтировки $l = \pm 30''$ и ошибкой кодирования $e = \pm 20''$, обусловленной разрядностью датчика и погрешностью кинематической схемы измерения. Таким образом, полученная в результате эксперимента ошибка автоматического наведения МБТ соответствовала ожидаемой.

Для выяснения величины и характера изменения ошибки программного слежения во времени была взята в качестве исследуемого объекта звезда Денеб, имеющая координаты $\alpha=20^{\text{h}}40^{\text{m}}23^{\text{s}}.9$ и $\delta=45^{\circ}10'17.''7$. Ошибка наведения на эту звезду, считанная в фокальной плоскости системы Нэсмита, оказалась равной в местной системе координат соответственно по оси x — $32''$ и по оси y — $21''$. От клавиши через ЦУМ положение телескопа было скорректировано таким образом, чтобы оптическое изображение звезды совпало с центром поля зрения инструмента. Далее в процессе слежения через некоторые интервалы времени фиксировалось смещение изображения звезды. Характер смещения изображения звезды во времени показан на рис. 6. Из рисунка видно, что средняя скорость ухода звезды с оптической оси инструмента составила величину порядка $1''/\text{мин.}$ в режиме программного слежения после коррекции. Таким образом, при экспонировании с выдержками до 1 мин. размазанность оптического изображения не превысит $1''$. Если учесть, что Большой телескоп оборудуется фотоэлектрическими и телевизионными системами коррекции положения инструмента с добротностями по скорости порядка $1-3$ $1/\text{сек.}$, то следует считать качество программного слежения, полученное на макете Большого телескопа, вполне удовлетворительным.

Таким образом, можно считать, что результаты проведенных экспериментальных исследований системы управления МБТ подтверждают вывод о возможности создания системы управления, отвечающей всем требованиям задачи управления оптическим телескопом на альтазимутальной монтировке.

Л и т е р а т у р а

1. Н. Н. Михельсон, Изв. Глав. астр. обс. в Пулковке, № 169, 167, 1961.
2. С. В. Коротков, В. А. Мясников, Ю. А. Сабинин, Сб. работ по вопросам электромеханики, вып. 7, Изд. АН СССР, М.—Л., 1962, стр. 192.
3. Е. М. Неплохов. Вопросы синтеза систем автоматического управления оптическим телескопом на альтазимутальной монтировке. Канд. дисс., Л., 1966.
4. А. С. Найшуль, Е. М. Неплохов, Оптико-механич. промышл., № 9, 20, 1966.
5. Л. Ф. Тейлор, Тр. второго Международного конгресса ИФАК, М., 1963, стр. 366.
6. Р. Дж. Уилер, Тр. второго Международного конгресса ИФАК, М., 1963, стр. 349.
7. Е. М. Неплохов, сб. «Цифровое управление в системах автоматике», «Наука», М.—Л., 1968, стр. 173.

Декабрь 1969 г.

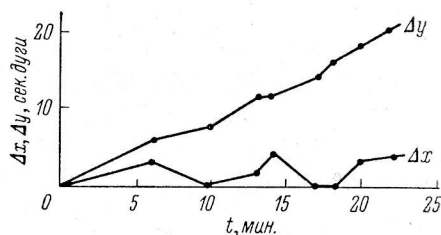


Рис. 6. Характер изменения ошибки программного слежения за объектом.

Δx , Δy — смещение изображения звезды в осях местной системы координат; t — время.