

600-мм ТЕЛЕВИЗИОННЫЙ ТЕЛЕСКОП САО АН СССР

Э. Б. Газсур, М. М. Кононов, В. Б. Небелицкий, А. Ф. Фоменко

Описан созданный в Специальной астрофизической обсерватории АН СССР телевизионный телескоп с диаметром зеркала 600 мм. Рассмотрены особенности параллактической монтировки телескопа рамной конструкции, размещенного в специально построенной башне со стеклопластиковым куполом. Телескоп оборудован навесной телевизионной аппаратурой — телеискателем и телеподсмотром щели спектрографа. Достигнутый предел проникаемости при работе с указанными системами составил 15^m . Обсуждаются перспективы применения телевизионной техники при проведении астрофизических исследований.

A 600-millimeter television telescope constructed at Special Astrophysical Observatory of USSR AS is described. Features of the parallactic frame-type mounting of the telescope, which is placed in a specially built glass-fibre dome are considered. The telescope is equipped with television facilities: a TV finder and TV guiding of the spectrograph slit. The penetrability limit reached using the systems mentioned is 15^m . The prospects of application of TV equipment to astrophysical investigations are discussed.

Подготовка 6-метрового телескопа АН СССР (БТА) к эксплуатации выдвинула ряд проблем, связанных в основном с задачей повышения эффективности БТА как научного инструмента. Одним из направлений, призванных помочь решению этой задачи, является оснащение БТА средствами оперативного приема и обработки оптической информации. Перспективность применения телевизионной техники в астрофизических исследованиях была доказана работами Главной астрономической [1], Крымской астрофизической [2] и ряда зарубежных обсерваторий [3]. Такие методы применения телевидения в астрономии, как телегидирование и прямые наблюдения планет и звезд с помощью аналоговых телевизионных устройств, получили широкое распространение [4, 5]. Тенденция развития астрономического телевидения определилась в результате новых работ в области цифровых методов регистрации предельно слабых световых потоков с помощью высокочувствительных телевизионных передающих трубок [6]. Внедрение таких систем потребовало создания в САО АН СССР специализированного телескопа, предназначенного для отладки разрабатываемых в обсерватории новых телевизионных средств. Для этой цели был создан телескоп с диаметром зеркала 600 мм (ТТ-600) со следующими параметрами: световой диаметр главного (параболического) зеркала 600 мм, фокусное расстояние 2400 мм, апертура в фокусе Нэсмита 1 : 20, масштаб $17''35/мм$.

Телескоп (рис. 1) выполнен на английской рамной монтировке с использованием узлов макета [7]. Ось трубы поднята на 90 мм над плоскостью рамы, что позволяет наводить трубу на полюс с виньетированием 31%. На расстоянии 10.8 от полюса виньетирование отсутствует, т. е. для наблюдений практически доступно все небо.

Полярная ось 1 имеет вид сварной рамы и несет трубу телескопа 2, светоприемную аппаратуру и противовесы. Рама опирается на северную 3 и южную 4 стойки своими цапфами через северный и южный подшипниковые узлы. Северный подшипник шариковый, двухрядный, сферический, южный

состоит из двух шариковых радиально-упорных подшипников, установленных, как показано на рис. 2. Такая установка допускает некоторый разворот

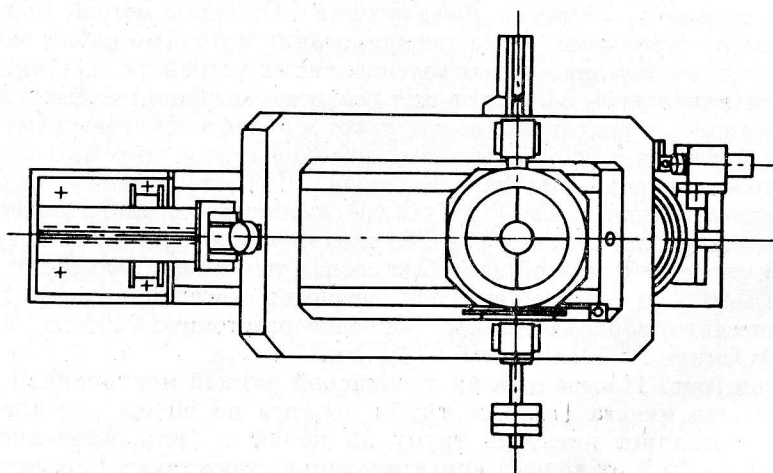
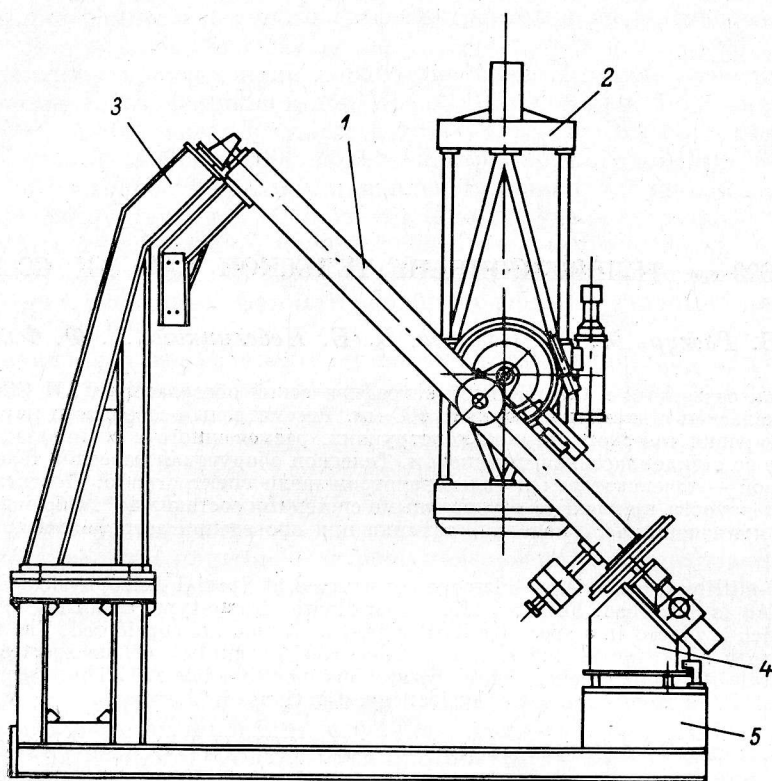


Рис. 1.

цапфы относительно точки O [8] и тем самым снижает опасность деформации цапфы при выверке полярной оси. Северная и южная стойки установлены на общем сварном основании 5 (рис. 1) с возможностью поворота (южная

стойка) и смещения (северная стойка). Такая конструкция позволила смонтировать на фундаменте и предварительно сориентировать по азимуту телескоп как целое, затем уточнить положение полярной оси подвижкой стоек и, наконец, точно откорректировать его по азимуту и высоте подвижками северного подшипника. Благодаря этому уход звезды по склонению не превышает $5''$ в час.

В качестве привода полярной оси использованы узлы и детали привода горизонтальной оси МБТ-3А с заменой электродвигателя постоянного тока в системе ведения на синхронный электродвигатель СД-09, питаемый от генератора стабильной частоты 50 гц.

Поворот трубы относительно оси склонений обеспечивается двумя приводами: грубого наведения, точного наведения и коррекции.

Привод грубого наведения со скоростью $45^\circ/\text{мин.}$ (рис. 3) состоит из червячного колеса 1, свободно сидящего на цапфе трубы 2, и червяка с редуктором и электродвигателем в общем корпусе 3, установленного на среднике трубы телескопа. Привод точного наведения и коррекции 4 закреплен на раме телескопа и связан кулисой 5 с колесом 1. При вращении червяк привода грубого наведения обкатывается вокруг червячного колеса, которое жестко связано с рамой через привод коррекции, и поворачивает трубу телескопа. При включении привода коррекции он своей кареткой 1 ведет трубу через кулису, червячное колесо и червяк (рис. 4).

На рис. 4 показан разрез привода коррекции. Два червяка 2 и 3 могут вращаться независимо в одну или в разные стороны от электродвигателей с редукторами типа СД-54 с одинаковыми скоростями вращения выходного вала n_3 . При этом червяк 2 получает вращение непосредственно от электродвигателя, а червяк 3 — через зубчатую пару 4 с передаточным отношением i . С червяками в зацеплении находится червячная шестерня 5, сидящая на шариковых подшипниках на оси 6, закрепленной в каретке 1. Планы скоростей шестерни для разных случаев включения электродвигателей показаны на рис. 5. Так как шаг нарезки червяков одинаков и равен шагу зубьев шестерни t_m , то из геометрических соображений [9] имеем

$$\begin{aligned} V_1 &= 1/2 \cdot n_3 t_m (1 + i), \\ V_2 &= 1/2 \cdot n_3 t_m, \\ V_3 &= 1/2 \cdot n_3 t_m i, \\ V_4 &= 1/2 \cdot n_3 t_m (i - 1). \end{aligned}$$

При этом средняя угловая скорость кулисы радиуса R и соответственно трубы телескопа будет

$$\dot{\delta}_k = \frac{2.06 \cdot 10^5 V_k}{60R},$$

где $k=1, 2, 3, 4$. Для получения малой скорости коррекции порядка $1-2''/\text{сек.}$ при умеренных числах оборотов двигателей и приемлемых размерах деталей следует иметь i , близкое к 1. Для ТТ-600 принято $n_3=10.96 \text{ об./мин.}$, $R=600 \text{ мм}$, $t_m=3.14 \text{ мм}$, $i=59/60$. При этом $\dot{\delta}_1=200''/\text{сек.}$, $\dot{\delta}_2 \approx \dot{\delta}_3=100''/\text{сек.}$, $\dot{\delta}_4=1.65''/\text{сек.}$ Угловой ход при точном наведении равен $4^\circ 5'$.

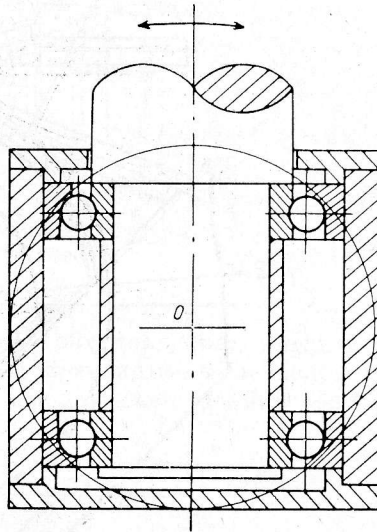


Рис. 2.

Рассмотренная кинематика привода точного наведения и коррекции привлекательна тем, что позволяет получить три скорости с хорошей градацией простым способом — переключением всего двух двигателей, и при минимуме нестандартных деталей не требует выключающихся муфт, а также не нуждается в электродвигателях постоянного тока, создающих помехи при работе с оптико-электронными светоприемниками (ЭОП, телевизионные трубки).

Круги часовых углов и углов склонений имеют одинаковую конструкцию — диски с закрепленной на цилиндрической поверхности стальной

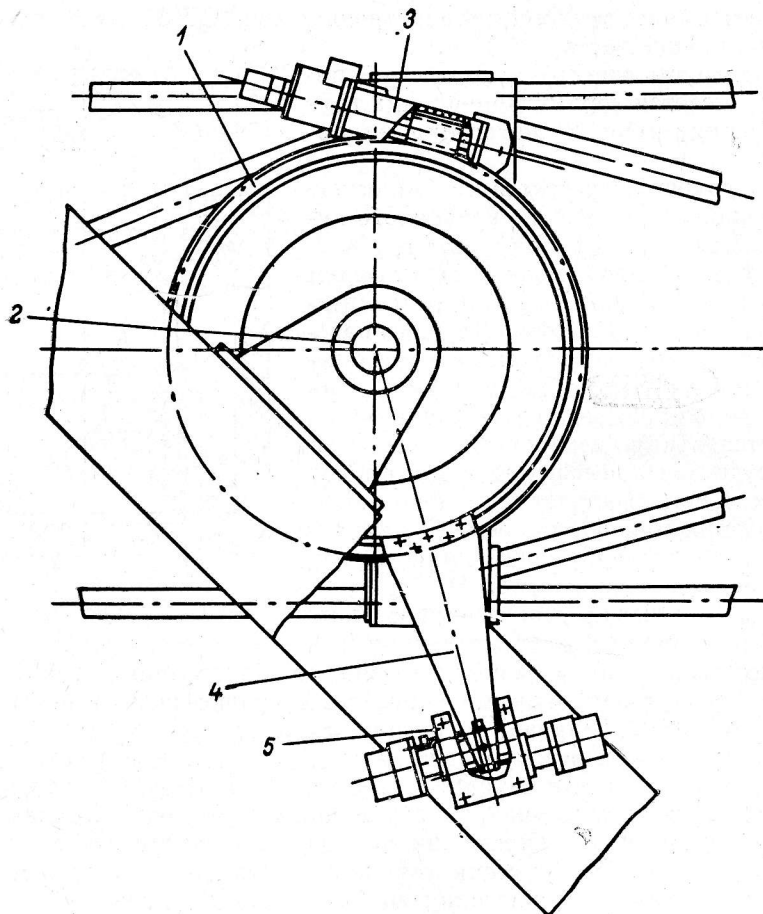


Рис. 3.

рулеткой с делениями 1 мм. Расчетный диаметр круга часовых углов $D_4 = 458.36$ мм, что соответствует цене деления 1^m , диаметр круга углов склонения $D_c = 572.96$ мм и цена деления $12'$. Круги выполнены с ошибкой наружного диаметра не более $\Delta = 0.06$ мм (2-й класс точности), рулетка 2-го класса точности имеет накопленную ошибку не более $\Delta_{\Sigma} = 0.4$ мм/м, и максимально возможная накопленная ошибка составит:

а) для круга часовых углов (O посередине шкалы)

$$\delta_{\Sigma_4} = (\pi\Delta + \Delta_{\Sigma}\pi D_4)/2,$$

$$\delta_{\Sigma_4} = 0.39 \text{ мм, т. е. } \delta_{\Sigma_4} = 24^s;$$

б) для круга углов склонений (рабочая зона 137°)

$$\delta_{\Sigma_c} = \frac{137^\circ}{360^\circ} (\pi\Delta + \Delta_{\Sigma}\pi D_c),$$

$\delta_{\Sigma_c} = 0.35$ мм, т. е. $\delta_{\Sigma_c} = 4.24$, что соответствует требованиям к угловым шкалам 1-го класса точности.

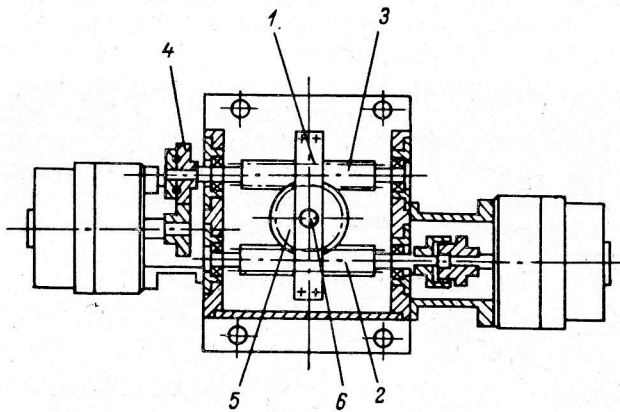


Рис. 4.

Конструктивные особенности телескопа ТТ-600, обусловленные английской монтировкой, позволили оснастить телескоп современными телевизионными устройствами вспомогательного назначения, обладающими сравнительно большим весом. При достаточно высокой чувствительности и хорошем разрешении они в значительной степени повышают эффективность работы исследователя и использования телескопического времени.

Таковыми устройствами на телескопе ТТ-600 являются система телевизионного искателя (СТИ), установленного на трубе телескопа, и система телевизионного подсмотра (СТП) щелевой части спектрографа.

Структурная схема телевизионного искателя приведена на рис. 6. Основными узлами искателя являются телевизионная передающая камера, состыкованная с длиннофокусным объективом, установленная параллельно оптической оси трубы, и видеоконтрольное устройство.

Изображение звездного поля проектируется телескопической системой 1 МТО-1000 (кассегрен, входной зрачок 100 мм, 1 : 10) на фотокатод телевизионной передающей трубки 2. Изображение, преобразованное в электрический сигнал и усиленное, поступает по кабелю длиной 25 м на видеоконтрольное устройство 7, установленное в павильоне телескопа. В качестве передающей телевизионной трубки использован суперортикон типа ЛИ-217. Блоки 3—6 обеспечивают нормальную работу СТИ.

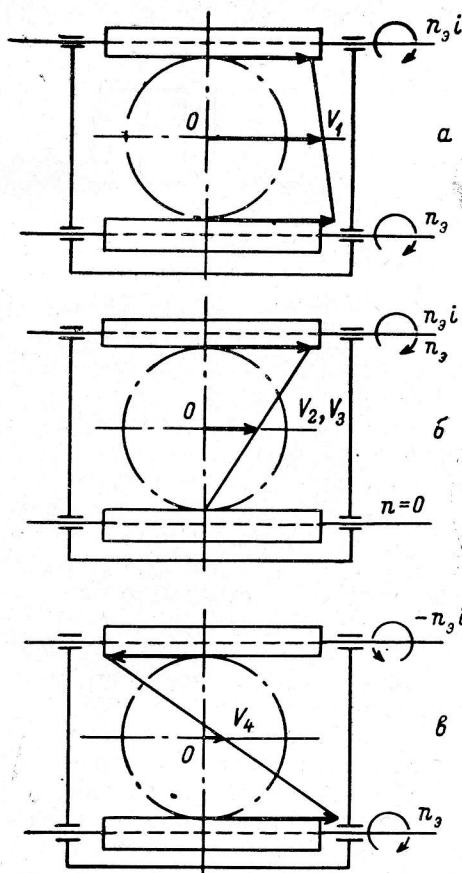


Рис. 5.

Характеристики СТИ: размер звездного поля, видимого на экране монитора, около $2^\circ \times 2^\circ$; предельная звездная величина порядка 10^m ; габариты передающей камеры с объективом 1300×160 мм; вес 25 кг.

На рис. 7 представлена структурная схема СТП. Полированные щетки щели 1 спектрографа SPM-2 установлены под углом $14^\circ 5'$ к оптической оси в фокальной плоскости телескопа. Изображение звездного поля через плоское промежуточное зеркало 2 проектируется объективом 3 на фотокатод суперорбитрона ЛИ-217 4 в масштабе 1 : 1. Усиленное ЭОП суперорбитрона и преобразованное в электрический сигнал изображение поля наблюдается на экране монитора 8, установленном в павильоне рядом с пультом дистанционного управления телескопом. Для экспонирования изображения щели на экране монитора в цапфе телескопа размещен регулируемый осветитель 10, который одновременно служит для настройки СТП в целом. Блоки 5—7, 9 обеспечивают нормальный режим работы СТП.

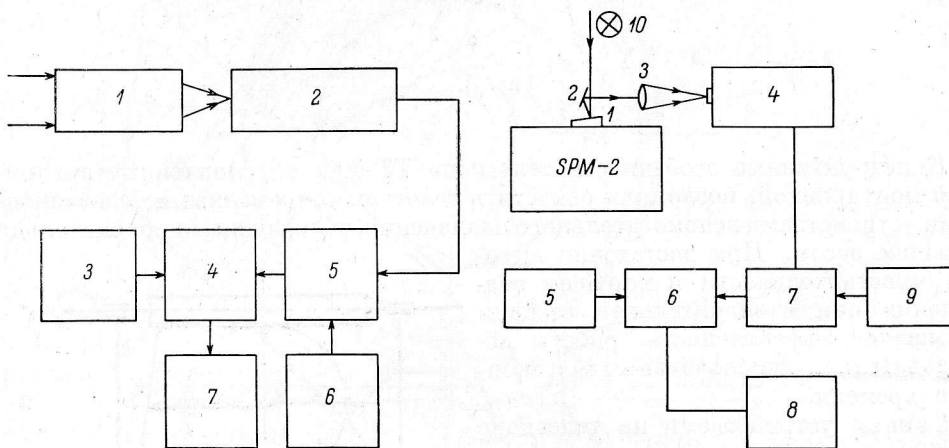


Рис. 6.

Рис. 7.

Характеристики СТП: размер звездного поля, видимого на экране монитора, $6' \times 6'$; предельная звездная величина гидрируемого на щечках щели спектрографа объекта не менее 15^m ; габариты телевизионной камеры 800×160 мм; вес 15 кг.

Наблюдение площадки неба на экране монитора позволяет исследователю, находящемуся в павильоне, вывести на оптическую ось телескопа область, содержащую изучаемый объект. Установка изображения объекта на щель спектрографа производится с пульта дистанционного управления телескопом по изображению на экране монитора СТП.

На рис. 8 приведен снимок звездного поля с экрана СТИ скопления Плеяды. Наряду с достаточно яркими звездами (около 3^m) видны звезды приблизительно до 10^m .

Рис. 9 иллюстрирует видимое на экране монитора СТП изображение звездного поля — рассеянного скопления IC 1805. Снимок содержит звезды приблизительно от 8^m до 15^m .

Предельный разнос передающих камер и видеоконтрольных устройств обеих систем может достигать 300 м.

Применение описанных систем на телескопе позволяет: значительно сократить время отождествления, предельно упростить процесс поиска и отождествления, заметно улучшить условия труда наблюдателя, особенно при необходимости частой коррекции положения изображения объекта на щели спектрографа, получать дополнительные информативные материалы (фотографии звездных полей с экранов мониторов).

Перечисленные достоинства телевизионных систем позволяют считать их перспективными при проведении спектральных исследований на любом телескопе, допускающем применение описанной аппаратуры. Совершенствование телевизионных систем в направлении цифровых методов обработки

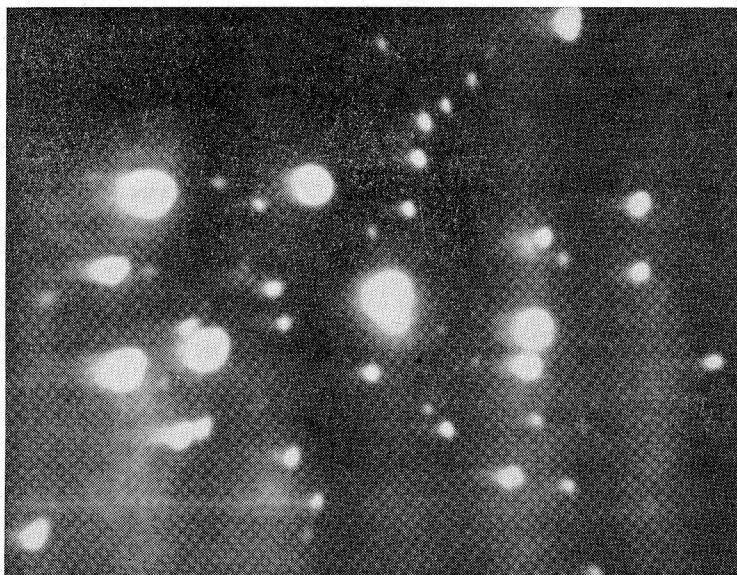


Рис. 8.

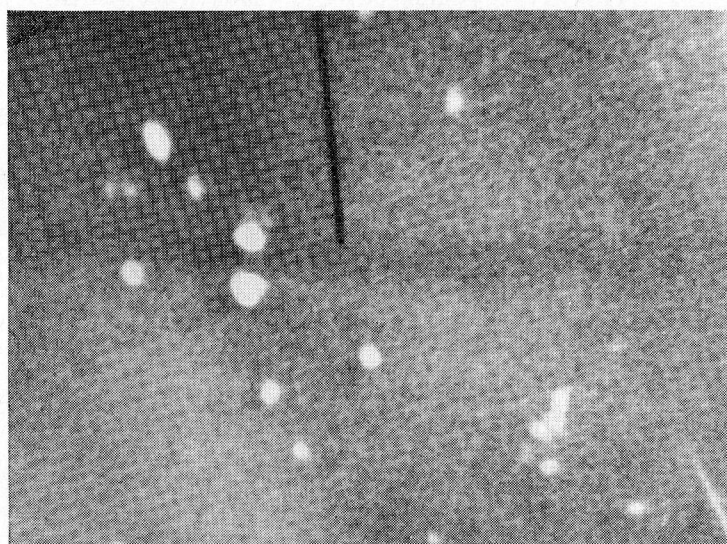


Рис. 9.

изображений открывает возможность дальнейшего увеличения пропускной способности телескопов.

Авторы выражают искреннюю благодарность Б. К. Иоаннисиани за ряд ценных замечаний по конструктивному решению телескопа ТТ-600, В. С. Рылову за помощь в изготовлении стеклопластикового купола башни телескопа.

Литература

1. Купревич Н. Ф. Двухканальный экспериментальный телевизионный телескоп Пулковской обсерватории. — Изв. ГАО в Пулкове, 1968, № 184, с. 156—172.
2. Абраменко А. Н., Никонов В. Б., Прокофьева В. В. О повышении эффективности телескопов путем использования телевизионной техники. — В кн.: Новая техника в астрономии, вып. 3, Л., «Наука», 1970, с. 28—31.
3. Zucchino P., Lowrance J. Progress report on development of the Sec-vidicon for astronomy. — In: Astronomical use of television-type image sensors. Princeton, 1971, p. 27—54.
4. Иоаннисиани Б. К., Маларев В. А., Неплохов Е. М., Павлов В. Н. Телевидение в системе управления оптическим телескопом. — В кн.: Новая техника в астрономии, вып. 4, Л., «Наука», 1972, с. 22—29.
5. Телевизионная астрономия. М., «Наука», 1974, 296 с. Авт. Абраменко А. Н., Агапов Е. С., Анисимов В. Ф. и др.
6. Robinson L. V., Wampler E. J. The Lick Observatory image—dissector scanner. — Publ. astr. Soc. Pacific, 1972, 84, No. 497, p. 161—166.
7. Вяткин Я. Б., Найшуль А. С., Неплохов Е. М. Макет Большого телескопа на азимутальной монтировке. — Астрофиз. исслед. (Изв. САО), 1974, 3, с. 20—25.
8. Орлов П. И. Основы конструирования. Кн. 2. М., «Машиностроение», 1972, 527 с.
9. Кожевников С. Н., Есипенко Я. И., Раскин Я. М. Механизмы. Изд. 3, М., «Машиностроение», 1965, 1058 с.

Ноябрь 1974 г.