

ЛЮБИТЕЛЬСКОЕ ТЕЛЕСКОПО- СТРОЕНИЕ

А К А Д Е М И Я Н А У К С С Р

ВСЕСОЮЗНОЕ

АСТРОНОМО-ГЕОДЕЗИЧЕСКОЕ ОБЩЕСТВО

ЛЮБИТЕЛЬСКОЕ ТЕЛЕСКОПОСТРОЕНИЕ

Выпуск 2



И з д а т е л ь с т в о «Н а у к а»

Москва 1966

Составитель *М. М. ШЕМЯКИН*

Ответственный редактор *М. С. НАВАШИН*

ИСПРАВЛЕНИЕ

В сборнике «Любительское телескопостроение», вып. 1, в статье А. Н. Подъяпольского «Узлы и детали любительских телескопов», на стр. 81 необходимо исправить следующие размеры, показанные на фигурах:

№ фигуры	Напечатано	Должно быть
5,а	8	3,5
5,б	5,5	8,5
5,б	5	3,5
6	5,5	3,5
7	3	1,5

От составителя

В связи с последними достижениями советской науки и техники в области освоения космоса значительно возрос интерес к астрономическим наблюдениям. Подтверждением тому служат созданные Всесоюзным астрономо-геодезическим обществом Академии наук СССР в 1960 и 1964 гг. в Москве 1-й и 2-й коллоквиумы по любительскому телескопостроению. На этих коллоквиумах астрономы-любители из различных городов нашей страны рассказывали о своих достижениях, делились опытом.

Возникла потребность в популярной литературе по вопросам технически грамотного изготовления самодельных телескопов и запомагательного оборудования. С этой целью было предпринято издание серии «Любительское телескопостроение», состоящей из отдельных выпусков.

Первый выпуск из этой серии вышел в свет в 1964 году.

В предлагаемом втором выпуске астроном-любитель найдет описание самодельного 165-мм рефлектора, простой установки телескопа и др. Более опытный любитель ознакомится с изготовлением шлифовальников для обработки зеркал большого диаметра, с устройством приборов для наблюдения солнечных протуберанцев.

Приобретая опыт, астрономы-любители стремятся к коллективному и индивидуальному решению более серьезных задач, таких, например, как постройка телескопов по сложным схемам или более мощных любительских телескопов, строительство народных обсерваторий и т. д. Подобные и другие разносторонние запросы любителей астрономии и призвана удовлетворять издаваемая серия «Любительское телескопостроение».

Металлические и металло-стеклянные шлифовальники, их расчет и изготовление

А. С. Фомин

Средний диаметр зеркал любительских телескопов в СССР в настоящее время близок к 250 мм. Некоторые любители изгото-вили и используют для наблюдений значительно большие зеркала, диаметром 300—350 мм. В Риге построен любительский телескоп с диаметром зеркала 500 мм. Нет сомнения в том, что рост размеров зеркал будет продолжаться и в дальнейшем. Уже сейчас серьезно обсуждается вопрос о постройке любительского телескопа с диаметром зеркала 700 мм, что выходит далеко за рамки обычных представлений о любительском изготовлении оптики.

Однако обработка крупных зеркал связана для любителей со значительными трудностями. Дело в том, что хорошо освоенный ими способ изготовления зеркала шлифовкой друг на друге двух стеклянных дисков становится непригодным для зеркал, диаметр которых превосходит 250—300 мм. В этом случае для успешной работы необходимы другие методы обработки, другие инструменты и приспособления.

Обработка больших зеркал ведется металлическими шлифовальниками. Однако большинство любителей очень смутно представляет себе, каким образом и из чего их можно изготовить.

В настоящей статье приводится описание металлических и металло-стеклянных шлифовальныхников, которые могут быть использованы для обработки крупной оптики в любительских условиях. Указываются также основные особенности их расчета и изготовления.

Металлические шлифовальники

В оптическом производстве издавна пользуются шлифовальниками из латуни или из серого чугуна. Однако шлифовальники могут быть изготовлены и из других материалов. Опыт любителей и оптиков-профессионалов показал, что для этой цели может быть

использован почти любой металл, обладающий достаточной прочностью и твердостью, например, сталь, бронза, твердый алюминий, дюралюминий, силумин и многие другие.

Простейший шлифовальник для обработки вогнутого зеркала представляет собой металлический диск, одна сторона которого выполнена в виде части сферы нужного радиуса кривизны. Диаметр шлифовальника может быть взят значительно меньшим, чем диаметр зеркала: 0,7—0,8 последнего. Однако, учитывая то, что в дальнейшем он будет служить основой для полировальника (диаметр которого во всех случаях должен быть равен диаметру зеркала), следует сразу же позаботиться об изготовлении шлифовальника полного размера. Нужная кривизна рабочей поверхности достигается обработкой шлифовальника на токарном станке.

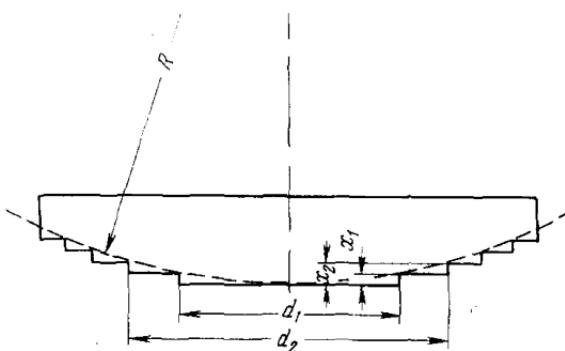
Рекомендуемый некоторыми авторами способ обточки шлифовальника по шаблону вряд ли может быть оправдан. Он требует точного изготовления шаблона, что само по себе составляет сложную задачу. К тому же следует иметь в виду, что работа по изготовлению крупной сферической поверхности на обычных станках может быть выполнена только очень опытным токарем. Она сопряжена с большими трудностями, требует значительной затраты времени, и все равно полученная поверхность, как правило, будет отличаться от точной сферы на недопустимо большую величину. Именно поэтому А. А. Чикин советовал делать шлифовальники парами — выпуклый и вогнутый одинаковой кривизны, которые затем пришлифовываются друг к другу для устранения значительных ошибок поверхности. Очевидно, что такой способ для любителей также непригоден из-за его сложности и дороговизны.

Ниже описывается более простой способ, свободный от указанных недостатков. Он заключается в том, что поверхности шлифовальника придается не плавная сферическая форма, а ступенчатая, причем огибающая ступенек представляет собой сферу нужной кривизны (фиг. 1).

Изготовление такой поверхности не представляет особого труда и доступно токарю самой низкой квалификации. Если расчет диаметров ступенек сделан заранее, обработка поверхности занимает поразительно мало времени. Так, например, при изготовлении автором шлифовальника диаметром 320 мм с радиусом кривизны 3200 мм обработка сферической поверхности заняла около 30 мин. Обработка такой же поверхности по шаблону потребовала бы многих часов работы опытного токаря и все же не обеспечила бы точности, достигнутой простыми средствами при ступенчатой проточке.

Ступенчатая форма шлифовальника не играет большой роли при обработке зеркала, так как в процессе грубой шлифовки ступеньки полностью срабатываются, после чего шлифовальник приобретает правильную сферическую форму.

Чтобы точную форму получить быстрее, можно заранее спилить вершинки ступенек напильником. Для этого проточенный шлифовальник кладется лицевой поверхностью вверх и личным напильником равномерно по всей площади шлифовальника опиливаются острые ребра ступенек. Пилить надо осторожно, так, чтобы на шлифовальнике были ясно видны все кольцевые риски, которые представляют собой наиболее углубленные следы от резца, расположенные на расчетной сферической поверхности.



Фиг. 1. К расчету ступенчатой поверхности шлифовальника

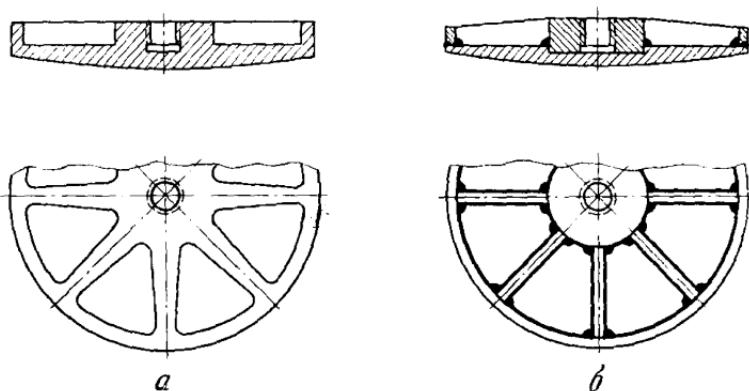
Среднюю и тонкую шлифовку вогнутых зеркал желательно вести при положении зеркала внизу. При этом улучшается распределение абразива по поверхности зеркала и ускоряется процесс обработки при одновременном улучшении ее качества. В случае зеркал, нуждающихся в разгрузке, указанный способ является единственным возможным, так как расположение на шлифовальнике зеркало разгрузить нельзя. Естественно, что если сверху находится шлифовальник, то он также не поддается разгрузке. В этом случае шлифовальник должен иметь достаточную жесткость, поэтому его нельзя делать слишком тонким.

Ниже приведены минимальные толщины d (по краю) сплошных шлифовальников различных диаметров D , определенные из условия достаточной жесткости.

$D, \text{ мм}$	150	200	250	300	400	500
$d, \text{ мм}$	8	10	14	18	28	45

Для упрощения обработки зеркала толщину шлифовальника лучше взять несколько большей (на 30—50%). Однако делать чрезмерно толстые шлифовальники также не следует. Из-за большого веса инструмента повысится удельное давление на стекло, что может привести к царапинам при тонкой шлифовке.

Допустимое удельное давление на последней стадии тонкой шлифовки, по-видимому, составляет $10-15 \text{ г/см}^2$. Поэтому сплошной шлифовальник, например из чугуна, не может иметь толщину, большую чем $1,5-2 \text{ см}$. Между тем при обработке крупных зеркал она должна быть выбрана большей из соображений жесткости. В этом случае для уменьшения веса инструмента в теле шлифовальника фрезеруются или высверливаются углубления, форма которых выбирается таким образом, чтобы его жесткость не была заметно уменьшена. На фиг. 2 приведены



Фиг. 2. Облегченные металлические шлифовальники
а — из сплошного материала; б — сварной из стали

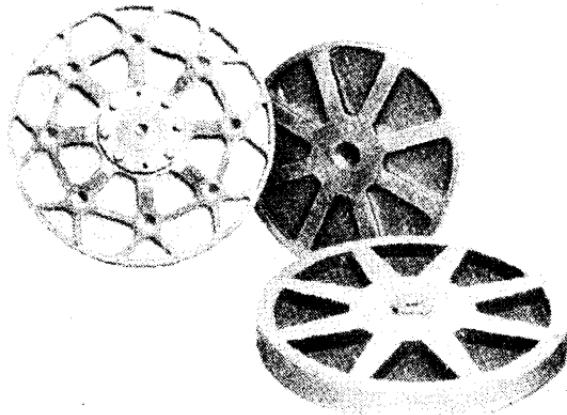
примерная форма шлифовальников из сплошного материала (а) и сварных из стали (б). Последние могут применяться для обработки самых больших любительских зеркал.

При облегчении шлифовальника следует иметь в виду, что толщина его «дна» не должна быть меньше $10-15 \text{ мм}$. В противном случае жесткость «дна» может оказаться недостаточной и шлифовальник будет деформироваться при работе.

По возможности следует облегчать шлифовальники и меньших диаметров. Снижение удельного давления на стекло благотворно скажется на качестве тонкой шлифовки и уменьшит деформации зеркала при его обработке.

На фиг. 3 показаны три облегченных шлифовальника, которые были использованы автором при обработке зеркал диаметром 320 , 270 и 340 мм . У двух шлифовальников (латунного и чугунного) углубления выфрезерованы, у третьего, изготовленного из силумина, они получены при отливке в земляную форму.

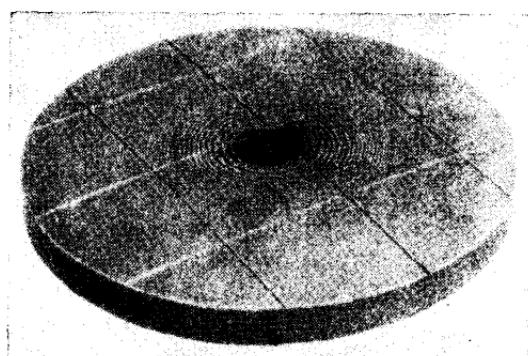
После того как шлифовальник облегчен (если это требуется), а его рабочая поверхность проточена, на ней следует нанести две или более пересекающиеся канавки, не проходящие через центр шлифовальника. Их можно пропилить трехгранным на-



Фиг. 3. Облегченные металлические шлифовальники

пильником или ножовкой, а также выскооблить вручную по линейке резцом. Ширина канавок 1,5—2 мм, глубина 0,5—1,0 мм. Они разбивают поверхность на ряд участков, что облегчает приработку шлифовальника к изделию, ускоряет шлифовку и делает ее более равномерной.

После нанесения канавок шлифовальник готов к работе (фиг. 4). Однако если им начать шлифовку стеклянного диска, то центральная часть шлифовальника, которой он первое время будет обрабатывать стекло, быстро притупится и точная форма шлифовальника исказится. Чтобы избежать этого, в стеклянной заготовке следует заранее вышлифовать достаточное углубление с радиусом кривизны, примерно равным расчетному. Это может быть сделано кольцевым шлифовальнымником, диаметр которого берется равным $\frac{1}{3}$ — $\frac{1}{4}$ диаметра зеркала. Шлифовать следует короткими штрихами через центр заготовки, не доводя кольцо до краев. Шлифовка идет очень быстро, поэтому нужно следить за тем, чтобы углубление не приобрело излишней кривизны. Когда углубление распространится при-



Фиг. 4. Металлический (чугунный) шлифовальныйник, подготовленный к обработке зеркала с отверстием в центре

мерно на половину диаметра зеркала, можно переходить к его обработке основным шлифовальнымником.

В случае небольших зеркал диаметром до 200 мм кольцевой шлифовальныйник может быть заменен подходящим куском любого металла, например, как советует А. А. Чикин, куском свинца, которому ударами молотка придана необходимая форма.

Металло-стеклянные шлифовальныеники

При изготовлении крупных зеркал, кроме металлических, могут быть использованы комбинированные металло-стеклянные шлифовальныеники. Такой шлифовальныйник представляет собой плоский

или выпуклый металлический диск (например, шлифовальныйник, описанный выше), на рабочую поверхность которого наклеены квадраты из толстого листового стекла.

Стеклянные заготовки наклеиваются на шлифовальныйник после грубой шлифовки, когда достаточное углубление в зеркале уже получено, а ступеньки шлифовальногоника сработались. После наклейки шлифовка продолжается обычным способом. Поверхность квадратов быстро приобретает кривизну зеркала, так как для этого с

Фиг. 5. Металло-стеклянный шлифовальныйник для обработки плоского зеркала

них необходимо снять очень тонкий слой стекла. Промежутки между квадратами способствуют распределению абразива по поверхности зеркала, поэтому качество шлифовки улучшается. При этом совершенно отсутствует явление присасывания, которое иногда служит причиной гибели либо зеркала, либо шлифовальногоника, изготовленного из стекла.

Металло-стеклянный шлифовальныйник внешне очень похож на полировальныйник, смоляная поверхность которого также разбивается канавками на большое число квадратных участков (фиг. 5).

При наклейке на диск стеклянные заготовки располагаются несимметрично относительно его центра, так, чтобы центр шлифовальногоника находился вблизи угла одного из квадратов. Толщина стекла, из которого они делаются, может колебаться в пределах от 5 до 12 мм. Размер стеклянных заготовок зависит от их толщины. Для стекла толщиной 5—6 мм сторона квадрата берется равной примерно 30 мм, при толщине 12 мм — около 60 мм.

Стеклянные заготовки перед наклейкой на диск пришлифовываются к его поверхности крупным абразивом (№ 150—180). На их рабочих гранях делаются защитные фаски шириной 4—5 мм.

Наклейка производится либо наклеочной смолой, либо специальной восковой мастикой. Смола изготавливается аналогично смоле для полировальника и отличается от нее лишь составом. Хорошие результаты дает смола Н-10, применяемая в оптическом производстве для наклейки стеклянных деталей на металлические. Она имеет следующий состав: канифоль — 34%; воск пчелиный — 1%; пек — 25%; гипс в порошке — 40%.

Для приготовления смолы вначале расплавляют канифоль, затем в указанном порядке добавляют остальные компоненты. Смесь варят при температуре 120—150° в течение двух часов, тщательно ее перемешивая. Полученную смолу фильтруют через марлю.

Перед наклейкой металлический диск подогревают, например на электроплитке, до температуры 90—100°. Затем на него наносят тонкий слой смолы и накладывают слегка подогретые, квадратные заготовки, плотно прижимая их к диску. Квадраты нужно располагать не вплотную друг к другу, а с промежутками 2—3 мм. Чтобы упростить наклейку заготовок, их следует заранее разложить на бумаге в том же порядке, в каком они будут размещаться на поверхности диска. После наклейки шлифовальнику дают остыть, время от времени подправляя положение квадратов рукой или деревянной палочкой.

На фиг. 5 показан металло-стеклянный шлифовальник, изготовленный описанным способом и использованный автором при шлифовке плоского контрольного зеркала диаметром 340 мм.

Следует заметить, что в некоторых случаях процесс изготовления металлической основы шлифовальника можно значительно упростить. Металлический диск служит для придания шлифовальнику жесткости. Обработка же зеркала производится поверхностью стекла, поэтому нет необходимости, особенно в случае зеркал с малой стрелкой кривизны, протачивать диск на станке для придания ему выпуклости. Стеклянные квадраты могут быть наклеены на плоскую поверхность металла, после чего обработка зеркала производится обычным любительским способом — шлифовкой его по хорде на шлифовальнике, расположенному снизу. Конечно, и в этом случае для ускорения обработки придется предварительно вышлифовать углубление в заготовке зеркала.

После того как грубая шлифовка будет окончена, а нужное углубление в зеркале получено, шлифовальник и зеркало следуют поменять местами, чтобы продолжить более тонкую шлифовку при положении зеркала внизу.

Металло-стеклянные шлифовальники в основном рекомендуются для изготовления крупных зеркал предельного в любительских условиях диаметра: 300—500 мм. Однако их применение может быть оправдано и в ряде других случаев при существенно меньших зеркалах, например:

а) для улучшения качества тонкой шлифовки, если металлический шлифовальник неоднороден по твердости или содержит царапающие включения (например, песок);

б) для исправления значительных недостатков механической обработки металлического шлифовальника, особенно в том случае, когда исправление его переточкой нежелательно или невозможно;

в) при необходимости получить заданное фокусное расстояние зеркала с точностью 5—10 мм. Подгонка фокусного расстояния чрезвычайно затруднена при обработке зеркала металлическим шлифовальником, который не меняет своей кривизны в процессе шлифовки. При обработке же зеркала металло-стеклянным шлифовальником такая точность легко достижима, так как и инструмент и изделие меняют свою кривизну с одинаковой скоростью. Практически шлифовальник срабатывает даже быстрее, так как его площадь меньше из-за промежутков между квадратами, а сами квадраты обычно делаются из более мягкого стекла, чем зеркало;

г) металло-стеклянные шлифовальники следует настоятельно рекомендовать для обработки оптических поверхностей сложной формы или деталей, трудных в изготовлении, таких, например, как корректирующие пластиинки камеры Шмидта или мениски с малыми радиусами кривизны.

В заключение автор считает необходимым кратко описать процесс изготовления небольшого металлического шлифовальника. Шлифовальники больших размеров изготавливаются подобным же образом, изменяются только габариты заготовок и способы их крепления в патроне токарного станка.

Такое описание поможет любителю уяснить все детали процесса, которые на первый взгляд кажутся ненесущественными, однако могут оказывать решающее влияние на качество изготовленного инструмента. Поэтому при обработке шлифовальника нужно выполнять все приведенные указания, а в случае, если работа будет поручена мастеру, последнего необходимо с ними ознакомить.

Предположим, что мы решили изготовить шлифовальник для зеркала диаметром 150 мм с фокусным расстоянием 1500 мм. Рассчитаем диаметры ступенек для обработки шлифовальника (см. фиг. 1). Расчет производим по известной формуле:

$$d_i \cong 2\sqrt{2Rx_i}, \text{ или } d_i \cong \sqrt{8Rx_i},$$

где d_i — диаметр очередной ступеньки; R — радиус кривизны зеркала, который в нашем случае равен 3000 мм; x^i — высота ступеньки диаметром d_i , считая от вершины шлифовальника.

Разность высот двух соседних ступенек $x_{i+1} - x_i$ (или, что то же самое, высота каждой отдельно взятой ступеньки) определяется минимальным расстоянием, на которое можно точно сдвинуть резец при обработке детали. У большинства токарных станков цена деления лимба верхней каретки, которой мы будем пользоваться, составляет 0,05 мм, поэтому высоту отдельной ступеньки принимаем равной 0,05 мм.

Для удобства расчета и пользования данными при обработке результаты вычислений сводим в таблицу.

$x, \text{мм}$	$8 Rx$	$d, \text{мм}$	$D - d, \text{мм}$	$x, \text{мм}$	$8 Rx$	$d, \text{мм}$	$D - d, \text{мм}$
0,05	1 200	34,7	115,3	0,55	13 200	114,9	35,1
0,10	2 400	49,0	101,0	0,60	14 400	120,0	30,0
0,15	3 600	60,0	90,0	0,65	15 600	124,9	25,4
0,20	4 800	69,3	80,7	0,70	16 800	129,7	20,3
0,25	6 000	77,5	72,5	0,75	18 000	134,2	15,8
0,30	7 200	84,9	65,1	0,80	19 200	138,6	11,4
0,35	8 400	91,7	58,3	0,85	20 400	142,8	7,2
0,40	9 600	98,0	52,0	0,90	21 600	147,0	3,0
0,45	10 800	104,0	46,0	0,95	22 800	151,0	--
0,50	12 000	109,6	40,4				

Диаметр ступенек d при вычислении следует округлять в большую сторону (с точностью до 0,1 мм). В противном случае приработка шлифовальника к изделию отнимет больше времени.

Последняя графа таблицы $D - d$ (D — диаметр шлифовальника, равный 150 мм) введена для упрощения обработки детали на станке. Данными этой графы мы будем пользоваться при пропечке шлифовальника.

Подбираем латунную, чугунную или стальную заготовку для изготовления шлифовальника необходимой толщины, которая в нашем случае составляет 8 мм по краю. В центре она, конечно, будет несколько больше, поэтому толщину заготовки необходимо взять не меньше 10—12 мм. Лучше взять ее несколько большей, так как при этом уменьшатся возможные деформации при обработке шлифовальника на станке.

Заготовку можно вырезать или выверлить (обсверлить дрелью, а затем выбить) из толстого листового материала. Можно также отрезать ее на станке от болванки подходящего диаметра.

Шлифовальник не требует облегчения, поэтому, проточив заготовку до заданного диаметра 150 мм, укрепляем ее в патроне токарного станка для обработки ступенчатой поверхности. Если бы изготавлялся большой шлифовальник, нуждающийся в облегчении, то вначале следовало бы выфрезеровать или высверлить углубления, так как после проточки ступенек этого делать нельзя.

Заготовка укрепляется в патроне станка либо в перевернутых кулачках, либо на резьбовой оправке, если заготовку (вследствие ее больших размеров) нельзя захватить кулачками. В последнем случае глухое отверстие с резьбой (например, М 30×2) может быть в дальнейшем использовано для крепления деревянной ручки при шлифовке вручную или для втулки поводка при обработке зеркала на шлифовальной машине. При креплении заготовки в кулачках не следует применять больших усилий, так как при этом заготовка может деформироваться и полученная при обработке точная поверхность исказится после освобождения шлифовальногоника.

Обработка ступенек производится проходным отогнутым резцом при движении его от края к центру заготовки. Работа ведется в следующей последовательности.

Включаем станок и, действуя маховицами продольной и поперечной подач суппорта, подводим резец к заготовке. Определяем ее центр, для чего снимаем небольшую стружку при поперечной подаче резца к центру. Точно в центре резец останавливаем. Нулевое деление лимба поперечной каретки устанавливаем против риски на втулке винта подачи и надежно закрепляем лимб в этом положении стопорным винтом.

При определении центра маховицок поперечной каретки можно вращать только в одну сторону — по часовой стрелке. В противном случае, из-за наличия мертвого хода винта подачи, положение резца в центре заготовки не будет совпадать с нулевой отметкой лимба. В дальнейшем это неизбежно приведет к искаzению сферической формы шлифовальногоника, поэтому точная установка резца по центру особенно важна.

После того как положение центра определено, отводим резец к краю заготовки. У большинства станков один оборот винта поперечной подачи смешает резец на 5 мм, что соответствует изменению диаметра детали на 10 мм. Диаметр нашего шлифовальногоника — 150 мм, поэтому, чтобы отвести резец к краю заготовки, нужно сделать 15 оборотов маховицка против часовой стрелки. Чтобы выбрать мертвый ход винта, делаем немного больше, например 16, оборотов, а затем, вращая маховицок по часовой стрелке, выбираем мертвый ход и подводим резец к краю заготовки. При этом против риски должно остановиться нулевое деление лимба.

Обработку заготовки начинаем с чернового обтачивания. Во

избежание произвольных перемещений суппорта его продольную каретку закрепляем на станине. Резец отводим от края детали назад на 3—4 мм, после чего маховиком подачи верхней продольной каретки устанавливаем глубину резания, смешая резец влево на расстояние, несколько большее расчетной стрелки кривизны. В нашем случае достаточно углубить резец в тело детали на 1—1,5 мм. Если бы обрабатывался шлифовальник с большой стрелкой кривизны, то черновое обтачивание следовало бы выполнить за несколько проходов, так чтобы глубина резания за один проход не превосходила 2—3 мм.

Затем выбираем мертвый ход винта подачи верхней каретки, для чего, поворачивая маховиком против часовой стрелки, останавливаем его, когда резец начнет двигаться вправо. Лимб верхней каретки также устанавливаем на нулевом делении и закрепляем его стопорным винтом. После этого можно приступить к обработке ступенчатой поверхности. Проточку ведем при среднем числе оборотов шпинделя и минимальной подаче резца за один оборот изделия.

Обработка первой, считая от края шлифовальника, ступеньки будет закончена, когда диаметр проточки со 150 мм уменьшится на 3 мм (см. последнюю графу таблицы). Вторая ступенька будет обработана, когда диаметр уменьшится на 7,2 мм, третья — на 11,4 мм и т. д.

Лимб поперечной подачи обычно разбивается на 100 делений, каждое из которых соответствует изменению диаметра проточки на 0,1 мм. Так как положение резца на краю детали определяется нулевым делением лимба, уменьшение диаметра проточки можно определять по шкале лимба, не производя непосредственных замеров диаметров ступенек.

Для обработки поверхности включаем станок и маховиком поперечной подачи подводим резец к детали. Включаем самоход поперечной подачи. Резец при этом пойдет вперед и через некоторое время начнет обработку заготовки. Когда к риске подойдет нулевое деление лимба, что соответствует диаметру обработки 150 мм, край резца начнет обработку плоскости первой ступеньки. Когда лимб повернется на 30 малых делений, что соответствует уменьшению диаметра обработки на 3 мм, выключаем самоход. Обработка первой ступеньки на этом заканчивается. Не выключая станка, отводим резец вправо на 0,05 мм, для чего поворачиваем маховиком верхней каретки на одно деление лимба против часовой стрелки. Для обработки второй ступеньки вновь включаем самоход, выключая его, когда к риске подойдет деление лимба 72. Вновь сдвигаем резец вправо на 0,05 мм и обрабатываем третью ступеньку и т. д., пока вся поверхность шлифовальника не будет проточена.

Чистовая обработка шлифовальника выполняется так же, однако глубина резания устанавливается меньшей. Рекомендуемая

глубина резания при чистовой проточке 0,2—0,5 мм. Резец должен быть хорошо заточен. Чтобы он не изменял своих размеров вследствие износа при обработке, следует пользоваться наиболее стойкими хорошо заточенными твердосплавными резцами.

Когда чистовая проточка завершена, шлифовальник снимают со станка и после опиливания острых граней ступенек и нанесения канавок используют для обработки зеркала.

Из-за ограниченного объема статьи в ней не удалось хотя бы вкратце рассмотреть отливку металлических заготовок для шлифовальников. Конечно, одному любителю вряд ли удастся выполнить чугунную отливку без помощи литейной мастерской, однако шлифовальники значительных размеров из алюминия, дюралиюминия или силумина с успехом могут быть отлиты в обычных домашних условиях. Уместно напомнить, что некоторые любители выполняли отливки крупных металлических заготовок для зеркал из зеркальной бронзы, температура плавления которой намного выше, а процесс отливки гораздо сложнее и капризнее, чем литье из алюминия или силумина.

Относительная простота отливки шлифовальников из алюминиевых сплавов и легкость их обработки позволяют с успехом изготавливать их в домашних условиях, в школьных мастерских, ремонтных мастерских РТС колхозов и совхозов. Наличие же такого шлифовальника дает возможность изготовить первоклассное зеркало любых, разумных в любительских условиях, размеров.

Самодельные теневые приборы для исследования поверхности вогнутых астрономических зеркал

А. Н. Подъяпольский

В настоящей статье описаны две конструкции теневых приборов: более простая и более сложная. Они проверены на практике и рассчитаны на постройку их в домашних условиях, в кружке или с помощью механического оборудования и станков. Вначале будут рассмотрены варианты механических деталей приборов, а затем оптическая часть их.

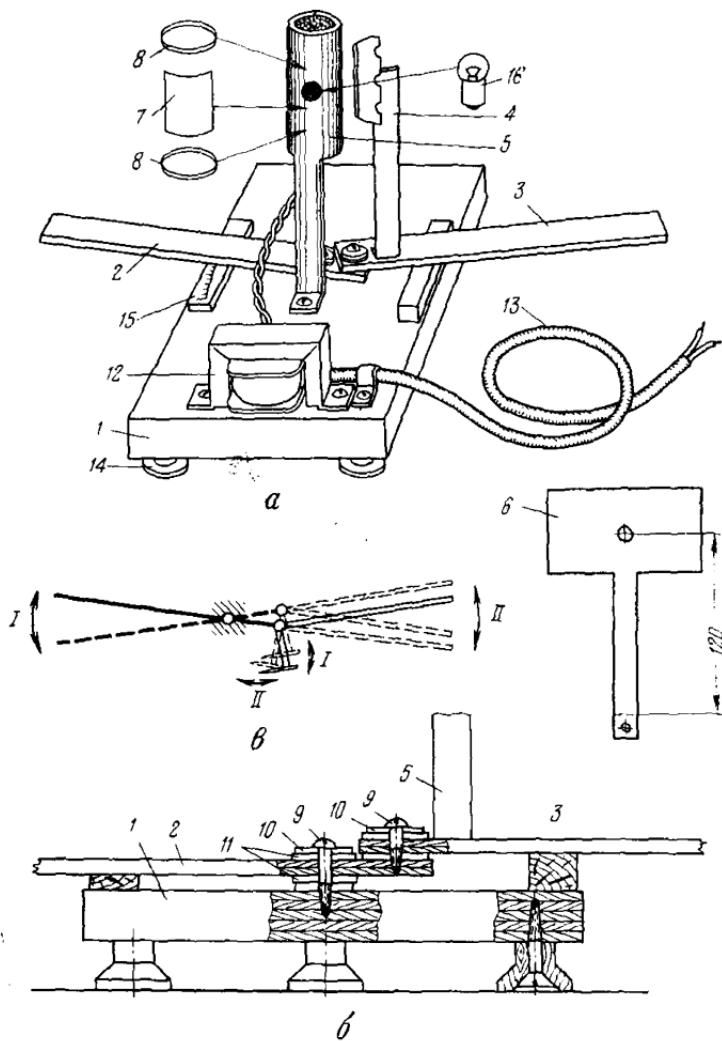
Простейшая рычажная конструкция

В этой конструкции для плавных перемещений прибора вдоль оптической оси и перпендикулярно к ней применяется рычаг первого рода (фиг. 1). То, что движения «ножа Фуко» не совсем прямолинейны, не имеет особого значения, ибо для измерений практически используется небольшой отрезок дуги окружности большого радиуса. Предварительная установка производится простым передвижением всего прибора.

Отсчет aberrаций получается достаточно точным, так как соотношения плечей в рычажных планках довольно большие — от 1 : 10 до 1 : 20.

Основанием прибора (фиг. 1, 1) служит устойчивая массивная прямоугольная плита из толстой фанеры, текстолита, дельта-древесины и пр. Если она недостаточно массивна, к ней снизу можно прикрепить при помоши скоб или на винтах или шурупах дополнительный груз. Его можно отлить из свинца. Вместо груза можно подобрать какую-нибудь плоскую металлическую деталь весом 1—1,5 кг и толщиной 8—12 мм. Основание ставится на три ножки 14. Их можно сделать, например, из половинок катушек для ниток, привернутых к основанию.

Для изготовления рычагов 2, 3 используются две деревянные или пластмассовые ученические линейки длиной 250—300 м.м.



Фиг. 1. Простой теневой прибор с рычагами
 а — общая схема; б — закрепление рычагов; в — кинематическая схема прибора

1 — основание прибора; 2 — рычаг для перемещения прибора по направлению оптической оси зеркала; 3 — рычаг для перемещения прибора в перпендикулярном направлении; 4 — стойка с «ножом Фуко»; 5 — фонарик (корпус и стойка); 6 — выкройка корпуса осветителя; 7 — вставка из фольги с искусственной «звездой»; 8 — резиновые колечки; 9 — винты — оси рычагов; 10 — металлические шайбы; 11 — суконные прокладки; 12 — понижающий трансформатор; 13 — шнур включения в сеть; 14 — ножки прибора; 15 — шкала; 16 — лампочка

Можно сделать их из полоски листового текстолита, эбонита и пленки плексигласа (оргстекла) шириной 25—35 мм и толщиной 3—4 мм. Для удобства в работе и улучшения внешнего вида свободные концы рычагов можно сделать суживающимися.

В качестве осей для рычагов 9 могут быть использованы либо тонкие шурупы (для дерева), либо винты (резьба М3, для пластмасс) подходящей длины.

Для уменьшения люфта и качаний в местах вращений рычагов подкладываются широкие металлические или пластмассовые шайбы 10 и кружочки из сукна или байки 11.

В качестве источника света применяется обычная лампочка от карманного фонаря, но лучше использовать специальную лампочку «точечного света» (например, от осциллографа, б в, 0,7 а). При наличии осветительной сети необходим простейший понижающий трансформатор малой мощности 12, типа звонкового. Там, где нет осветительной сети, источником питания для лампочки может служить батарейка для карманного фонаря. Дольше будет служить батарея большей емкости (типа «Сатурн»), либо три-четыре сухих элемента (типа ЗСЛ-30), соединенных последовательно. Для удобства включения прибора хорошо на основании его установить выключатель или тумблер.

Фонарик 5 для освещения отверстия (точечного источника света) или щели можно сделать из обрезка дюралюминиевой или латунной трубы, либо согнуть из прямоугольного листка жести (б). К нему надо приклепать или припаять (либо сразу включить в «выкройку» и вырезать) стоечку, при помощи которой фонарик крепится к основанию. Для установки фонарика в наивыгоднейшем положении стойку можно соответствующим образом изогнуть плоскогубцами. Стоечка имеет внизу отгиб с отверстием для крепления фонарика к основанию. В фонарике, с той стороны, которая обращена к испытываемому зеркалу, имеется отверстие диаметром 4—6 мм.

Для фиксации положения лампочки в простейшем случае нужно в корпус фонарика поместить комочек бумаги, закрепив им лампочку в нужном положении. К лампочке заранее надо припаять мягкие изолированные монтажные провода нужной длины. Лучше, конечно, сделать приспособление для регулировки положения патрончика с лампой.

Чтобы получить искусственную «звезду» — точечный источник света, нужно острой иглой проколоть отверстие в алюминиевой, а лучше всего латунной или бронзовой фольге. При прокалывании фольги под нее нужно подложить пластинку из какого-либо твердого материала, чтобы отверстие получилось как можно меньше. Листок фольги 7 с проколом накладывается на корпус фонарика против прорезанного в нем окошечка и прижимается двумя резиновыми колечками 8.

Искусственная «звезда» должна разместиться в центре окошечка, против источника света. «Ножом Фуко» в нашем приборе будет служить половина лезвия от безопасной бритвы 4, размещенная на конце рычага.

Сборку прибора, особенно регулировку плавности хода рычагов, надо производить тщательно. Под рычагом, передвигающим прибор вдоль оптической оси, как можно дальше от точки его вращения, можно поместить шкалу, проградуированную в миллиметрах и их долях. По этой шкале будет точно определяться фокусное расстояние различных зон зеркала.

На фиг. 1, в показана кинематическая схема прибора.

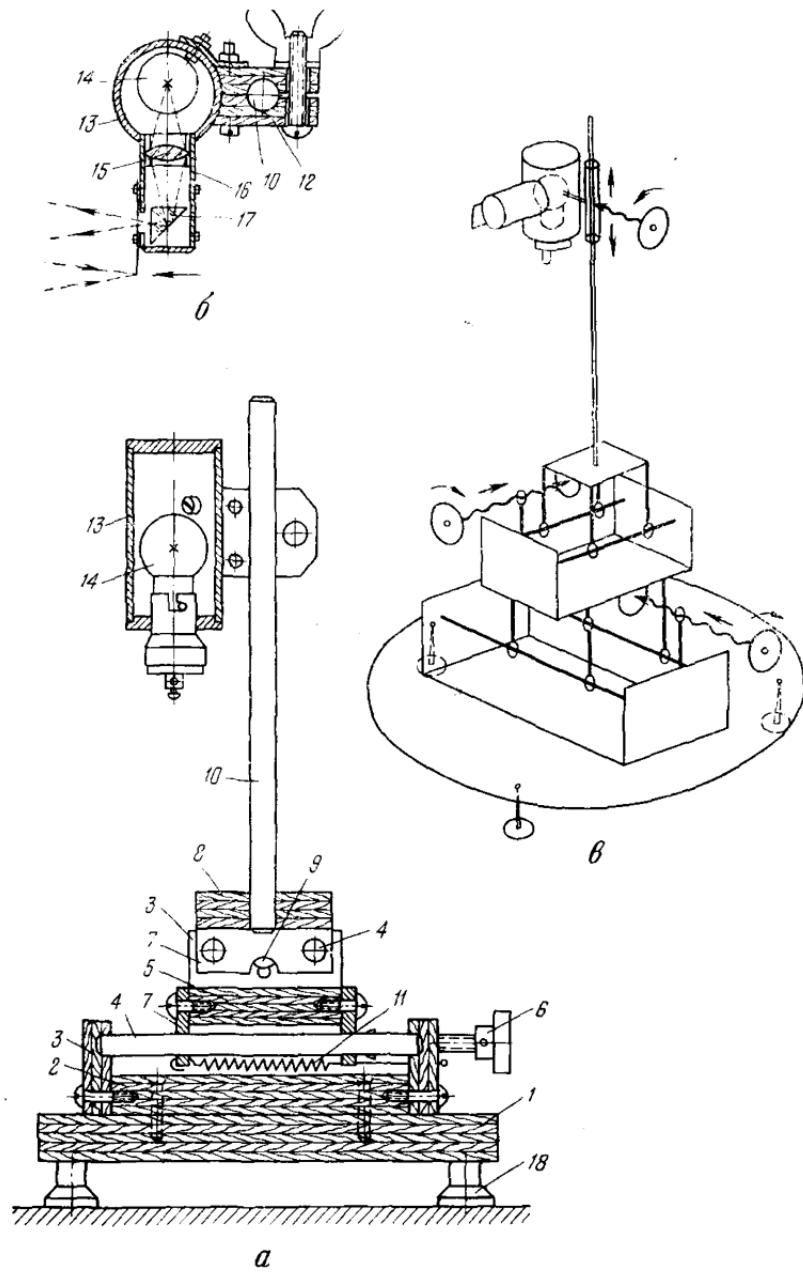
Более сложная конструкция

В этой конструкции (фиг. 2) вся площадка, на которой укреплен прибор, движется по двум направлениям при помощи суппортов.

Обычно в аналогичных конструкциях применяются направляющие типа «ласточкин хвост» с регулируемым зазором, а перемещение производится при помощи винта без люфта или кремальеры. Практически вполне удовлетворительные результаты дало применение в качестве направляющих гладких круглых стержней. Площадка, несущая прибор, и промежуточная площадка снабжены планками из текстолита с отверстиями для пропуска этих стержней. Обе площадки представляют собой прямоугольные пластинки, сделанные из прочного дерева, текстолита или дельта-древесины достаточной толщины. Они должны быть обработаны возможно точнее в отношении параллельности сторон и правильности углов.

Направляющие планки (фиг. 2, 7) лучше всего сделать из листового текстолита, в крайнем случае из латуни или дюралюминия, толщиной 3—4 мм. В планках возможно точнее просверливать отверстия для направляющих стержней в соответствии с диаметром этих стержней и расстоянием между ними. При необходимости отверстия доводят слесарной разверткой до калиброванного размера. Лучше сверлить и развертывать все четыре планки вместе, зажав их в тиски. В противоположных краях планок нужно просверлить отверстия для крепления их винтами или шурупами к площадкам.

Направляющие стержни 4 изготавливаются из инструментальной прутковой стали, например из стали-серебрянки, лучше калиброванной. В противном случае их придется протачивать на токарном станке и шлифовать наждачной шкуркой до нужного калибра (диаметр 6—8 мм). Их длина должна быть несколько больше (на 6—8 мм), чем длина площадок.



Фиг. 2. Теневой прибор с суппортаами

a — общая схема; *б* — схема осветителя; *в* — кинематическая схема прибора.
 1 — основание прибора; 2 — неподвижная площадка; 3 — стойки для крепления направляющих стержней; 4 — направляющие стержни; 5 — промежуточная площадка; 6 — винт продольного перемещения; 7 — направляющие планки; 8 — верхняя площадка; 9 — винт поперечного перемещения; 10 — стойка осветителя; 11 — пружина; 12 — крепление оптической части прибора; 13 — осветитель (корпус); 14 — источник света (лампочка); 15 — конденсорная линзочка; 16 — тубус оптической части прибора; 17 — призма (или зеркальце); 18 — ножки прибора

потянув (пинцетом) свободный конец пружины, зацепляют его за стойку неподвижной площадки.

Совершенно так же промежуточная площадка соединяется с основанием. На этом сборка заканчивается.

На наружные концы винтов суппортов насаживаются маховички (типа ручек настройки радиоприемника). У ручки винта, передвигающего прибор вдоль оптической оси зеркала, желательно прикрепить цилиндр со шкалой, о котором говорилось выше. На стойке против шкалы крепится неподвижная стрелка или указатель для отсчета. Направляющие стержни смазываются машинным маслом. Теперь можно опробовать плавность хода супортов.

Наконец, на вертикальную стойку надевается осветитель и закрепляется винтом (или барабашком). Прибор готов к работе.

Искусственную «звезду» получают, как было указано выше, проколом в листочке фольги размером примерно 20×20 мм, а «ножом Фуко» служит край этой же фольги.

Для испытания зеркала «методом щели и нити», предложенным Д. Д. Максутовым и дающим более точные результаты, щель обычно делают в виде тонкой прорези в фольге или царапины на закопченном стекле или засвеченном негативе, а нить (тонкая проволочка, волосок) натягивают на рамку или скобу.

Оказалось возможным легко сделать и щель и нить одновременно фотографическим способом. Большое преимущество этого способа в том, что «щель» и «нить» можно сделать очень тонкими и соблюсти точную параллельность между ними, что очень важно. Таких систем «щель — нить» можно изготовить сколько угодно.

В центре листа ватмана или хорошей чертежной бумаги размером 210×300 мм чертят ровную прямую линию толщиной 0,4—0,5 мм. Затем на листе засвеченной и проявленной фотобумаги кончиком острого ножа делают по линейке ровный надрез (несквозной) по эмульсии. После этого лист слегка перегибают по надрезу. Образуется тонкая белая линия на черном фоне. Чтобы линия сохранилась, в этом месте бумагу надо слегка выгнуть в виде валика, с таким расчетом, чтобы линия имела ширину также 0,4—0,5 мм. Оба листа прикальывают к доске с соблюдением строгой параллельности между ними и фотографируют на кадр размером 24×36 мм. Изображение получается уменьшенным примерно в 20 раз, а линии имеют толщину 0,020—0,025 мм. Пленку следует брать низкой чувствительности, с более мелким зерном эмульсии, контрастную и обрабатывать ее контрастным проявителем. При креплении этой пленки (аккуратно обрезанной до размеров 20—30 мм) к тубусу прибора нужно следить за тем, чтобы «щель» расположилась против окошка осветителя, а «нить» — за краем тубуса, где помещается глаз работающего.

Сетка для испытания зеркала (метод Ронки) изготавляется также фотографическим путем, аналогично описанному выше (см. стр. 24). Недостаток этого метода состоит в том, что изображение сетки может оказаться недостаточно контрастным.

Для понижения напряжения осветительной сети от 127 или 220 в до используемого в осветителе напряжения 3,5—12 в требуется понижающий трансформатор. Можно пользоваться готовым трансформатором типа звонкового, из «Конструктора» или же от радиоприемника (его понижающей обмоткой, 5,0 или 6,3 в), обязательно изолировав концы проводов от неиспользуемых повышающих обмоток (высокое напряжение!).

Для тех, кто имеет возможность изготовить сам (или переместить на готовом сердечнике) такой трансформатор, приводим в таблице его расчетные данные:

- 1) напряжение лампочки в теневом приборе — 3, 5; 6 или 12 в;
- 2) мощность, потребляемая лампочкой, — 1—5 вт;
- 3) напряжение питающей сети — 127 или 220 в.

Напряжение и мощность лампочки	Сечение сердечника	Сетевая обмотка I		Обмотка накала лампочки II
		127 в	220 в	
3,5 в, 1 вт (от карманного фонаря)	1,0—1,5 см ² (10×10 мм, 10×15 мм)	5500 витков ПЭЛ* 0,08	10 000 витков ПЭЛ 0,06	160 витков ПЭЛ 0,3
6 в, 5 вт (от осциллографа)	2,5—3,0 см ² (16×16 мм, 15×20 мм)	2300 витков ПЭЛ 0,012	4200 витков ПЭЛ 0,1	110 витков ПЭЛ 0,66
12 в, 5 вт (автомобильная)	То же	То же	То же	220 витков ПЭЛ 0,5

* ПЭЛ — марка изолированного провода.

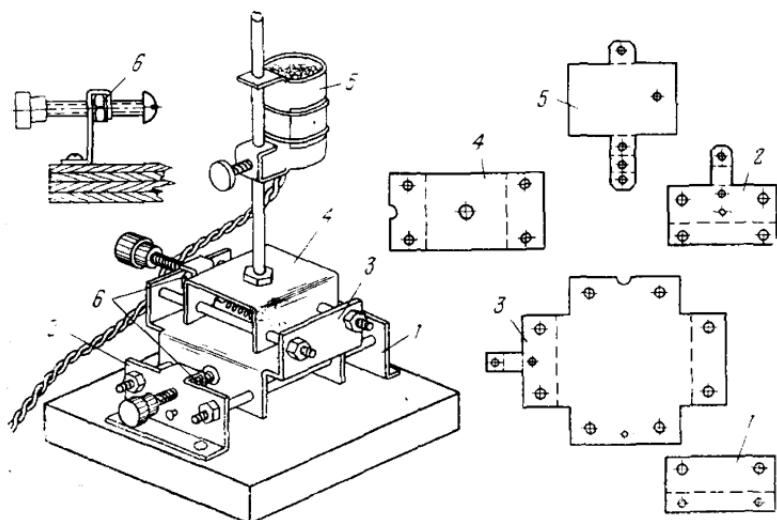
О том, как намотать небольшой трансформатор, описывается в литературе для радиолюбителей в специальной брошюре автора [2].

Работа с теневым прибором

Прибор в упрощенном варианте нужно установить на прочном столе или лавке, окошечком фонарика к испытываемому зеркалу. Поворачивая прибор в стороны, следует добиться, чтобы конус лучей, отраженных от зеркала, попал на «нож Фуко» и вершина этого конуса — изображение искусственной «звезды», отраженное зеркалом, оказалась вблизи середины «ножа».

Дальше испытание проводится обычным порядком [1]. «Нож Фуко» передвигается вдоль оптической оси зеркала и перпендикулярно к ней при помощи рычагов 2 и 3 (фиг. 1).

Во втором варианте предварительная установка прибора по отношению к зеркалу производится так же, как и в первом, перед движением всего прибора в целом. Винты суппортов должны быть вывернуты примерно наполовину. Дальнейшая регулировка ведется в соответствии с наблюдаемой теневой картиной. Грубый отсчет величины aberrаций ведется по числу оборотов винта (шаг



Фиг. 3. Прибор, изготовленный из листового металла

1, 2 — стойки для крепления направляющих стержней; 3 — промежуточная площадка; 4 — верхняя площадка; 5 — корпус осветителя; 6 — винты продольного и поперечного перемещений

которого равен 1 мм) или по наклеенной на основании прибора шкале (в миллиметрах), точный отсчет — по барабанчику — цилиндрической шкале на ручке винта. В варианте более сложной конструкции прибора можно заменить дерево, текстолит и дельта-древесину листовым металлом толщиной 1,5—2,0 мм (фиг. 3).

Автором и другими любителями были построены и испытаны в работе оба варианта прибора, причем были получены вполне удовлетворительные результаты.

Труба-каркас для телескопа-рефлектора

А. Н. Подъяпольский

Если для небольших телескопов-рефлекторов с диаметром главного зеркала 100—150 *мм* можно своими силами изготовить сплошную трубу той или иной формы — круглую, многогранную или квадратную — из металла, дерева, картона и даже из бумаги, то для телескопов более мощных сделать их значительно сложнее, так как такие трубы будут очень громоздкими и тяжелыми.

Автором разработана и испытана конструкция трубы-каркаса, изготовленной в основном из простых подручных материалов (фиг. 1). Труба имеет две секции, каждая секция состоит из двух широких алюминиевых или дюралюминиевых колец и распорных реек или трубок. Труба стянута проволочными стяжками с натяжными устройствами (тендерами). Среднее кольцо является общим для обеих секций, объединяя в себе два внутренних кольца. Оно делается в полтора-два раза шире, чем крайние кольца. Это повышает жесткость конструкции и делает более удобным крепление трубы на установке.

В условиях заводского цеха и мастерской кольца могут быть изготовлены из листового алюминия или дюралюминия толщиной 2—3 *мм*. Для более крупных телескопов (свыше 250 *мм*) толщина материала должна быть больше, 3—4 *мм*. Диаметр колец примерно на 20% превышает диаметр главного зеркала. Стыки колец, согнутых из листового металла, лучше всего проварить аргоновой сваркой или склеить при помощи накладки, расположенной против стыков внутри колец. Желательно подобрать кольцо жесткости (угловой металл, точеный фланец, согнутая в кольцо трубка), которое надевается на передний край верхнего кольца и приваривается или прикрепляется к нему. Очень хорошо для жесткости выдавить круговую канавку (на зиг-машине).

В простейшем случае, в домашних условиях, для изготовления колец очень хорошо использовать алюминиевые кастрюли (новые) подходящего диаметра, соответственным образом разметив и разрезав их.

Распорные планки или трубы располагаются между кольцами четырьмя (или шестью для более мощных телескопов) парными узлами (фиг. 2, *a* и *b*).

Ниже дана конкретная «исходная» конструкция, на основе которой могут быть осуществлены, в зависимости от возможностей и вкусов любителя, те или иные варианты, добавления и усложнения. Данная

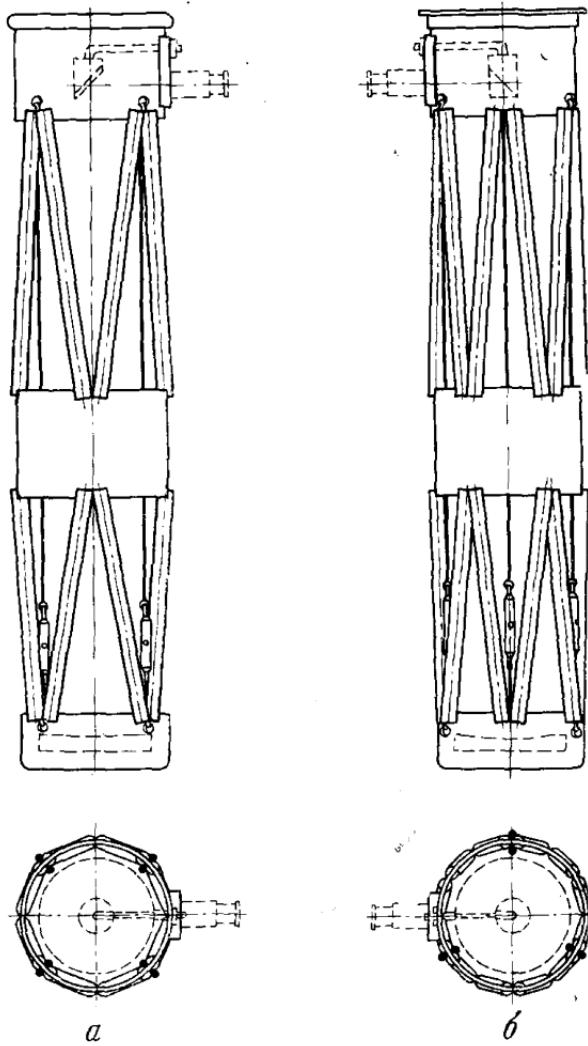


Фиг. 1. Общий вид трубы-каркаса
1 — верхнее кольцо; 2 — нижнее кольцо;
3 — среднее кольцо; 4 — основание
окулярного узла

конструкция отвечает всем требованиям, предъявляемым к ней в любительских условиях. Такая труба в два раза легче, чем сплошная, но не уступает ей по прочности.

При определении исходных размеров трубы за основу принят телескоп с главным зеркалом диаметром 150—200 *мм* при фокусном расстоянии 1300—1600 *мм*.

Опорные кольца. Чтобы изготовить их, как было сказано выше, удобно использовать обычные алюминиевые кастрюли. Диаметр их должен быть на 20—25% больше диаметра главного зеркала. Для телескопа с зеркалом диаметром 150 *мм* нужно



Фиг. 2. Конструкция трубы-каркаса. Варианты трубы с четырьмя (а) и шестью (б) узлами

взять кастрюлю диаметром 180—200 мм, а при 200-миллиметровом зеркале — 240—260 мм¹. Кастрюля должна иметь возможно более толстые стенки (такие кастрюли обычно бывают без зацатки на краю) и наибольшую высоту при данном диаметре.

¹ Указанные значения диаметра колец несколько превышают минимальные для соответствующего зеркального объектива.

Вначале с кастрюли нужно удалить ручки. Для этого напильником осторожно спиливают полукруглые головки заклепок, при помощи большого ножа или стамески отделяют ручки, а оставшиеся части заклепок осторожно расклепывают молотком (чтобы не нарушить правильную цилиндрическую форму кастрюли) и поверхность их выравнивают напильником.

Кастрюли предварительно размечают. Для этого ставят кастрюлю на стол, кверху дном. Рядом с ней ставят школьный угольник и, приложив к нему на нужной высоте карандаш или какой-либо острый инструмент, вращают кастрюлю. На ней получается круговая риска. Разметку удобнее производить вдвоем. Из верхней части одной из кастрюль делается верхнее кольцо (фиг. 1, 1) (для окулярного узла 4), из нижней части с дном — нижнее 2 (для оправы главного зеркала), а из другой кастрюли с отрезанным дном (цилиндрическая часть) изготавливается среднее, широкое, кольцо 3.

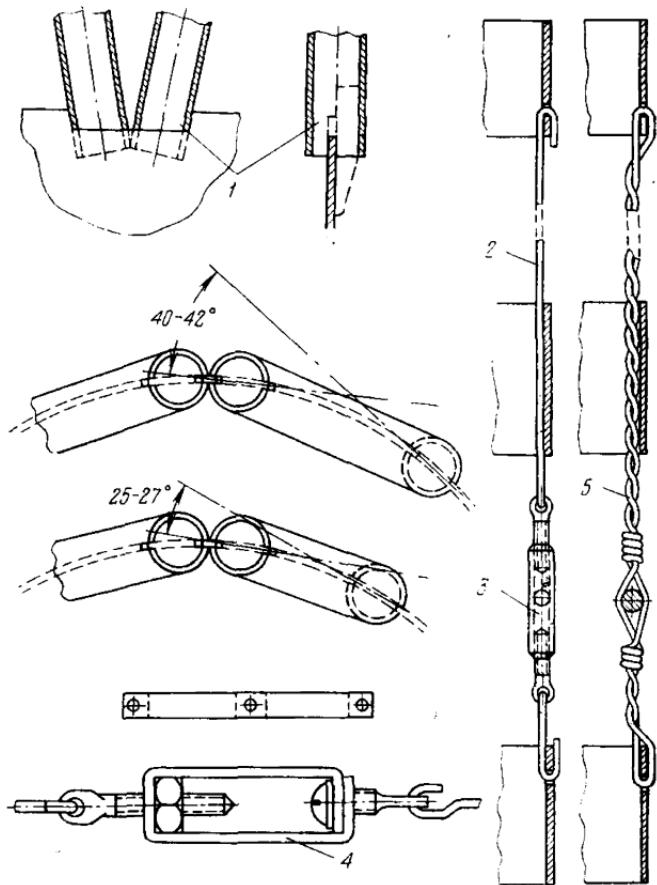
Разрезать размеченные заготовки лучше всего обычной слесарной ножковкой или, в крайнем случае, одним полотном от нее, обмотав предварительно конец полотна тряпкой. Резать надо постепенно, перемещая разрез по поверхности кастрюли по малой хорде, от себя. Не следует пилить по диаметру кастрюли, так как при этом разрез получается грубым и можно деформировать край распила. Для удобства хорошо заготовку надеть на ножку положенного набок табурета или на какой-либо выступ, бревно или бруск, зажатый в тиски. Эту работу также лучше производить с помощником.

После того как кольца будут отпилены, края их следует выровнять и зачистить напильником.

Для точной фиксации концов распорок в узлах на внутренних краях верхнего и нижнего колец и на обоих краях среднего выпиливаются плоским напильником пазы на глубину около 5 мм (фиг. 3, 1). Ширина их должна быть равна удвоенной ширине распорной трубки или рейки. По краю кольца эти пазы располагаются под углом 90° один к другому в случае четырех парных узлов распорок и под углом 60° — для шести узлов.

Распорки — важная деталь конструкции. На их изготовление надо обратить особое внимание. Ими могут служить прямоугольные рейки из совершенно сухого прочного дерева без сучков и изъянов. Для телескопа с зеркалом средних размеров их диаметр должен быть 15—18 мм (сечение от 10×12 до 12×15 мм при прямоугольной форме реек), а для более мощного телескопа соответственно диаметром 22—28 мм (сечение от 15×20 до 20×28 мм). На острых гранях прямоугольных реек нужно рубанком или рашпилем аккуратно снять фаски шириной 2—3 мм.

Лучше всего сделать распорки из дюралюминиевых трубок с толщиной стенок до 2 мм и наружным диаметром 14—16 или 22—26 мм. Можно использовать для этой цели и стальные тон-



Фиг. 3. Детали трубы-каркаса

костенные трубы несколько меньшего диаметра с толщиной стенок до 1 мм. Длину трубок нужно рассчитывать, исходя из длины всей трубы. Окулярный узел должен быть расположен на верхнем кольце так, чтобы положение главного фокуса телескопа соответствовало расчету всей оптической системы. Отношение длины распорок между верхним и средним кольцами к длине распорок между нижним и средним кольцами определяется положением центра тяжести всей трубы в собранном виде. Центр тяжести должен примерно совпадать с серединой среднего кольца. Это отношение колеблется приблизительно от 1 : 2 до 2 : 3.

В торцах распорок делаются пропилы для посадки распорок на кольца. В круглых деревянных распорках или металлических трубках пропилы делаются по глубокой хорде с некоторым

смещением от центра торца (не по диаметру), а в прямоугольных распорках — по диагонали. Глубина пропилов 6—8 мм, ширина несколько меньше толщины стенки колец. На противоположных концах каждой распорки пропилы должны быть расположены под углом 40° друг к другу при четырех узлах и под углом 25° при шести узлах (фиг. 3).

Для того чтобы плоскости пропилов, особенно в трубчатых распорках, лучше прилегали к пазам, пропилы делаются под некоторым углом к плоскости среза распорки.

Стяжки (фиг. 3, 2) служат для скрепления всех элементов в единую жесткую конструкцию. Их концы, загнутые в виде крючков, пропущены сквозь отверстия в краях верхнего и нижнего колец, а сами стяжки проходят внутри среднего кольца. Они стягиваются специальными двусторонними гайками с правой и левой резьбой — тендерами 3. В конструкции с четырьмя парами узлов делаются четыре стяжки, при шести парах узлов — три стяжки (через узел). Для стяжек применяется стальная пружинная (типа ОВС) или телеграфная проволока диаметром 3—4 мм. Если проволока мягкая (отожженная), то диаметр ее должен быть больше 5—6 мм. В этом случае на концах стяжек, обращенных к тендерам, нарезается резьба соответственно М5 или М6, а противоположные концы, обращенные к внешним кольцам, загибаются в виде крючков длиной 10—12 мм¹. Тендеры располагаются в нижней секции приблизительно на расстоянии 150—200 мм от нижнего кольца.

При жесткой проволоке резьбу на ней нарезать трудно и внутренние концы стяжек также загибаются крючками. На эти крючки навешиваются шпильки из более мягкого материала, снабженные резьбой.

Для упрощения (чтобы не делать левой резьбы) тендеры можно заменить скобами из толстой металлической полосы (3—4 мм толщиной и 15—20 мм шириной) и двух пар гаек, установленных на шпильках 4. При небольших размерах инструмента (до 150—170 мм) вполне удовлетворительные результаты даст стяжка двойной проволокой 5 (диаметром 1,5—2 мм) со скручиванием ее воротком.

Основанием окулярного узла (фиг. 1, 4) служит прямоугольная пластина из сухого твердого дерева (или из текстолита, дельта-древесины или дюралюминия). Ее размеры и расположение отверстий на ней рассчитываются так, чтобы центр диагонального зеркала находился на расчетном расстоянии от центра главного зеркала [1]. Внутренняя сторона пластины должна иметь форму вогнутого цилиндра, чтобы она плотно прилегала к наружной поверхности кольца.

¹ При мягкой проволоке крючки следует делать длиннее, чтобы они выходили за край кольца, иначе они могут разогнуться.

Сборка конструкции производится после подготовки всех входящих в нее элементов, в том числе деталей крепления главного зеркала телескопа.

Порядок сборки конструкции следующий. Вначале на табурет или прямо на пол кладется нижнее кольцо с дном и на край кольца (в каждый паз) до упора насаживается пропилами пары распорок (таких пар будет четыре или шесть). Каждая пара разводится в стороны на угол в 10—15° до соприкосновения с соседними распорками. При этом необходимо, чтобы прорезы в верхних концах распорок совпали, располагаясь на дуге окружности. Если этого не получилось, нужно внимательно проверить парность распорок. Далее среднее кольцо вставляют пазами в прорези на верхних концах распорок. Если концы их несколько разошлись, то их нужно аккуратно поправить и вставить по порядку на свои места.

После предварительной посадки всех распорок нужно при помощи дощечки (или куска толстой фанеры) и молотка среднее кольцо осадить окончательно, чтобы все пазы вошли в соответствующие прорезы до упора. В такой же последовательности производится сборка верхнего ряда распорок и верхнего кольца, после чего вся конструкция, также при помощи дощечки и молотка, окончательно осаживается. Теперь наша труба уже имеет достаточную жесткость, и ее можно переворачивать, класть на бок и пр.

Положив трубу на стол, точно подгоняем длину стяжек (обеих частей и тендера или скобы). Места зацепления крайних крючков стяжек расположены на некотором расстоянии от внутренних краев верхнего и нижнего колец, против узлов распорок. В этих местах просверливаются отверстия для крючков диаметром несколько больше диаметра проволоки, из которой сделаны стяжки. Далее стяжки крючками зацепляют за отверстия в краях верхнего и нижнего колец и равномерно, по одному — два оборота, поочередно стягивают тендерами или заменяющими их устройствами (слишком сильно стягивать не следует, это может повлечь за собой изгиб или повреждение распорок, срыв резьбы и пр.). На этом можно считать сборку трубы законченной. Деревянные части можно окрасить под алюминий. Можно покрыть всю трубу светлой краской (эмалевой, нитроэмалью), а внутреннюю часть кольцо необходимо покрыть матовой черной краской. В открытые концы трубок-распорок хорошо вставить специально для этой цели выточенные деревянные или дюралюминиевые пробки. Внутри трубы-каркаса можно поместить для защиты от токов воздуха и постороннего света легкую трубу из нескольких листов обычного картона, обязательно окрасив ее внутри черной матовой краской, а снаружи — светлой эмалевой или масляной. Для вентиляции нижней части трубы (при картонных вставках), до ее сборки, в дне вы сверливают ряд отверстий диаметром 10—15 мм.

Установки любительских телескопов

А. Н. Подъяпольский

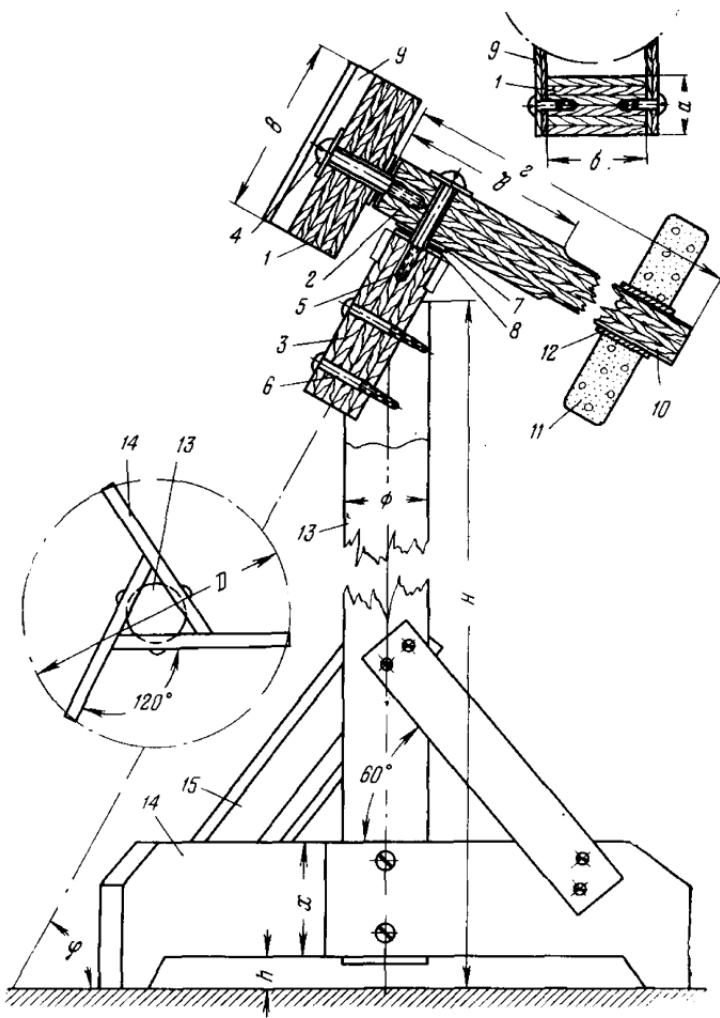
Хорошо известно, что при постройке и использовании астрономического инструмента, особенно самодельного, устойчивость и точность механической части установки, штатива, играет чрезвычайно большую роль. Поэтому для постоянной, а особенно для переносной установки работа над штативом занимает едва ли не половину времени и труда у любителя. Но несмотря на жесткие требования, предъявляемые к установкам для телескопов, вполне допустимо устройство простых временных установок из подручных материалов, иногда же бывает необходимо и целесообразно «сколотить» штатив на скорую руку. Ниже предлагается несколько конструкций установок — от простейшей до достаточно совершенной.

Простейшая параллактическая установка

Эта установка рассчитана на постройку из подручных материалов. Она дает возможность быстрее удовлетворить законное желание любителя увидеть плоды своих трудов, после того как изготовлены зеркало и хотя бы «Чикинская доска» или труба для будущего телескопа. Такая установка является временной, но если хорошо подобрать материалы, аккуратно подогнать детали, надежно скрепить их, то ее можно пользоваться достаточно долго. Это легкая переносная установка для рефлектора с диаметром зеркала до 100 мм (или небольшого рефрактора с диаметром объектива до 50 мм).

Осями конструкции служат большие шурупы с круглыми головками, при помощи которых и скрепляются основные детали установки (фиг. 1, 4, 5).

Деталь 1 несет на себе трубу телескопа, прикрепляемую к ней хомутиками, или «Чикинскую доску», привинчивающую шурупами. Шуруп 4 — ось склонения — проходит через центр де-



Фиг. 1. Простейшая параллаксическая установка из дерева (или дельта-древесины)

1 — деталь для крепления трубы; 2 — деталь оси склонения; 3 — деталь часовой оси; 4 — ось склонения — винт (шуруп); 5 — ось часовая — винт (шуруп); 6 — болты (шурупы) крепления к стойке; 7 — металлические или текстолитовые шайбы; 8 — суконные или фетровые прокладки; 9 — бортики желоба для трубы; 10 — хвостовик для противовеса; 11 — противовес; 12 — прокладка противовеса; 13 — стойка штатива; 14 — ножки штатива; 15 — укосы ножек; ϕ — угол среза стойки и крепления, равный широте местности; H — высота стойки штатива от грунта (площадки); h — расстояние до стойки от грунта; ϑ — диаметр окружности, проходящей через концы ножек. Размеры a , b , c приведены в таблице

тали 1 и ввертывается в торец детали 2. Другой шуруп 5 — часовая ось — проходит через центр детали 2 и, в свою очередь, ввернут в торец детали 3 — основания узла осей. Эта деталь жестко крепится к вертикальной стойке 13 под углом к горизонту, равным широте места наблюдения. Деталь 2 должна иметь хвостовик достаточной длины для крепления противовеса, уравновешивающего трубу или «Чикинскую доску».

Детали 1, 2 и 3 изготавляются из брусков прочного сухого дерева. Дерево может быть заменено какой-либо достаточно прочной пластмассой, текстолитом, дельта-древесиной. В этом случае шурупы нужно заменить винтами для металла и сделать под них соответствующую резьбу.

Для плотного прилегания трубы телескопа деталь 1 должна иметь желобок или дополнительные реечки 9 по бокам, несколько выступающие над плоскостью этой детали. На них будет опираться труба.

В качестве противовеса удобно использовать один или несколько наждачных точильных кругов, насаженных на хвостовик детали 2. Их насаживают с какой-либо прокладкой 12 (бумага, картон) таким образом, чтобы они не сдвигались, но их положение можно было бы регулировать для точного уравновешивания телескопа. Чтобы грузы не сваливались, на конце хвостовика нужно ввернуть шуруп или винт.

Главная стойка 13 установки изготавливается из круглого (или квадратного) деревянного бруска диаметром 60—80 мм (60×60 или 80×80 мм для квадратного сечения). Высота стойки должна быть такой, чтобы в окуляр телескопа-рефлектора наблюдатель мог смотреть стоя при положении объекта в зените и сидя при положении объекта близко к горизонту.

Для установки телескопа на площадке, на утрамбованной земле или на другом специально подготовленном постоянном месте в нижней части стойки устраиваются три «ноги» в виде поперечных планок 14 и укосов 15 — распорок. Они прикрепляются к стойке по ее окружности шурупами или гвоздями «в нахлест» под углом в 120° друг к другу. Такая «тринога» будет устойчивой. (Из геометрии известно, что только три точки опоры могут устойчиво опираться на любую поверхность.)

Сборку этой установки лучше начинать со стойки и ножек. Верхний конец стойки надо спилить под углом, равным широте местности, где ведутся наблюдения, например для Москвы под углом около 56° к горизонту. К этому срезу двумя-тремя шурупами 6 привинчивается деталь 3. В детали 2 на расстоянии 40—60 мм от края, противоположного противовесу, просверливается буравчиком или сверлом сквозное отверстие такого диаметра, чтобы шуруп или винт достаточно свободно, но без люфта проходил в него. Такое же отверстие делается точно в середине детали 1.

Если имеется возможность пользоваться токарным станком (хотя бы по дереву), то на коротком конце детали 2 надо проточить цилиндр (шайку) высотой 20—25 мм и диаметром чуть меньше сечения детали. Это нужно для установки рычага микрометренных движений телескопа. Так как шурупы-оси (или винты) довольно крупные (длина 60—75 мм, диаметр 5—6 мм), то перед их ввертыванием в торцах деталей 2 и 3 также сверлят несквозные отверстия для тугого ввертывания этих шурупов-осей (или нарезают резьбы под винты в пластмассе, текстолите или дельта-древесине).

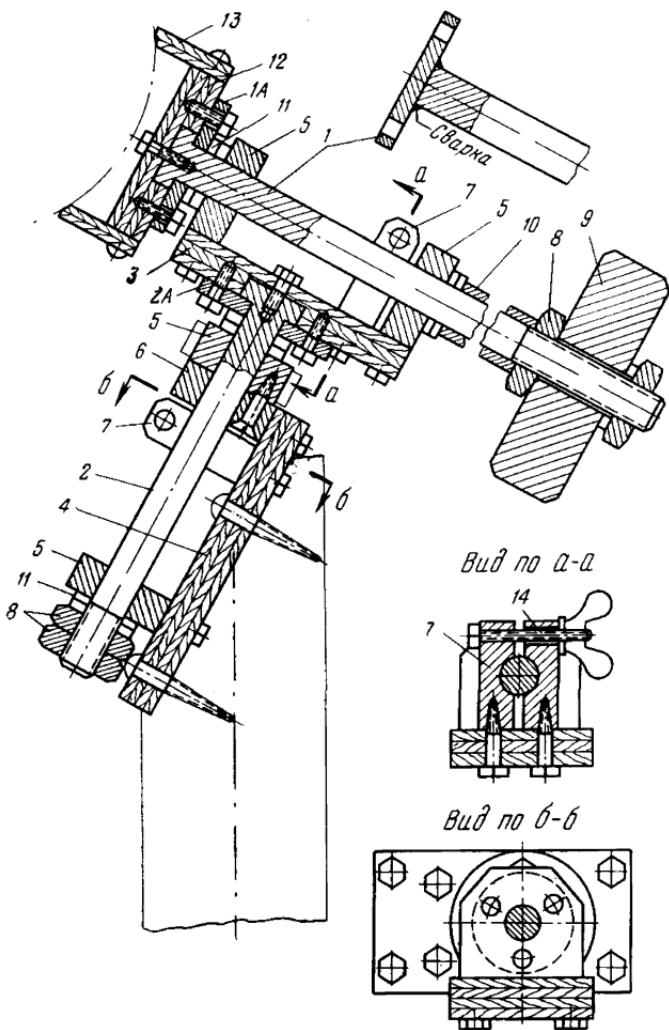
Для уменьшения трения в сочленениях и фиксации в плоскости вращения всех элементов между деталями на «оси» надеваются широкие металлические или текстолитовые шайбы 7 (диаметром чуть меньше ширины детали), а для плавности хода в любом положении между этими шайбами делается прокладка 8 (тоже в виде шайбы) из тонкого фетра, сукна или замши. Вначале «осью» деталь 2 крепится к торцу детали 3, затем деталь 1 — к торцу детали 2. Шурупы-оси (или винты) с насаженными прокладками и шайбами затягиваются настолько, чтобы каждая из последующих деталей вращалась с некоторым трением, без люфта, но не туже и не рывками. Для окончательной регулировки достаточно отверткой поворачивать головки «осей» менее, чем на четверть оборота. Возможно, что по мере прирабатывания «осей» их в дальнейшем придется подвертывать еще раз.

Последняя операция — установка самой трубы телескопа на желобок или на боковые планки детали 1. Для ее крепления служат полоски металла, ремня или листовой резины (последние только для легкой трубы).

В походных условиях такая конструкция может быть изготовлена и собрана за несколько часов. Вместо противовеса временно можно привязать к хвостовику детали 2 какой-либо тяжелый предмет, например молоток, и все готово. Такой «походный» штатив работает вполне удовлетворительно.

Более сложная установка

Такая установка (фиг. 2) потребует для изготовления использования токарного и сверлильного станков, некоторого слесарного инструмента, не совсем «подручных» материалов. Правда, можно кое-что подобрать из производственного металломата. При тщательном изготовлении элементов и аккуратной сборке она может служить постоянной долговременной установкой для телескопов-рефлекторов 140—180 мм или рефракторов 60—80 мм.



Фиг. 2. Более сложная установка с применением текстолита и дельта-древесины и с металлическими осями

1 — ось склонения с привернутым или приваренным фланцем 1A;
 2 — часовая ось с таким же фланцем 2A; 3 — площадка — основание
 оси склонений; 4 — то же, для часовой оси; 5 — бобышка механизма
 тонких движений; 6 — стойки-подшипники трения; 7 — зажимы
 (разрезные стойки) фиксаторов; 8 — гайки и контргайки; 9 — противовес;
 10 — распорная трубка противовеса; 11 — шайбы-прокладки;
 12 — площадка для крепления трубы; 13 — бортики — опоры для
 трубы; 14 — болт фиксатора с барабашком; вид по а—а: разрез
 фиксатора

По своей схеме этот штатив аналогичен предыдущему. Такая же стойка с тремя опорами — «ногами». К верхнему срезу стойки или к специальному бруски с наклонной плоскостью под нужным углом прикрепляется вместо детали 3 планка 4 со стойками-подшипниками 6, в которых устанавливается часовая ось 2, жестко скрепленная другой планкой со стойками 3 (вместо детали 2). В свою очередь в этих стойках установлена другая ось — ось склонения 1, также жестко связанная с планкой для крепления телескопа 12. Ось склонения делается удлиненной для размещения на ее конце противовеса 9.

Планки 1, 2 и 3 можно изготовить также из прочного сухого дерева, но лучше из толстого текстолита (10—15 мм) или из дельта-древесины.

Стойки-подшипники делают из толстого текстолита (можно из дельта-древесины толщиной 15—20 мм). Отверстия для пропуска осей сверлят и окончательно развертывают (или растачивают на станке) для прохода осей с некоторым трением, но без люфта. Крепление стоек производится с помощью винтов с резьбой, пропущенных через свободные отверстия в краях планок.

Оси подбираются из длинных стяжных болтов диаметром 16—20 мм; желательно, чтобы их поверхность была достаточно чисто обработана на токарном станке. Если есть неровности и шероховатости, то необходимо на токарном станке проточить и отшлифовать оси напильником и наждачной шкуркой. Недопустимо даже незначительное их искривление. К концам осей, имеющих головку (или не имеющих ее), надо изготовить небольшие металлические диски-фланцы (1A и 2A) и приварить их к осям (электро- или автогенной сваркой). К этим фланцам через заранее сделанные отверстия крепятся соответствующие планки. На прочность и жесткость приварки фланцев и крепления к ним планок надо обратить особое внимание¹. Вместо осей можно использовать не очень толстые газовые или водопроводные трубы (до 18—22 мм), но их наружная поверхность очень груба и их придется протачивать и шлифовать на токарном станке. Фланцы можно подобрать или изготовить на резьбе, но надежнее и в этом случае их приварить к осям.

Зажимы 7, служащие для торможения или жесткой фиксации осей телескопа, изготавливаются также из текстолита (или дельта-древесины), но делаются разрезными, со стягивающим винтом и барашком 14. Таких зажимов надо два, на обе оси. Они размещаются и крепятся так же, как стойки-подшипники, недалеко от последних.

Что касается остальных элементов установки, то они аналогичны предыдущей, с той лишь разницей, что несколько более

¹ Фланец должен быть строго перпендикулярен к оси. После сварки его нужно проточить на станке.

массивны. Так, диаметр стойки составляет 80—100 мм, а диаметр окружности, проходящей через концы ножек, увеличен до 700—800 мм.

К верхней стойке часовой оси надо привернуть тремя винтами круглую бобышку 5 высотой 25—30 мм и диаметром 40—

50 мм, выточенную из текстолита или дельта-древесины. Она необходима для размещения рычага микрометренных движений.

Микрометренные движения часовой оси установки (фиг. 3) выполняются без перестановки и закрепления рычага в пределах одного полутора угловых часов.

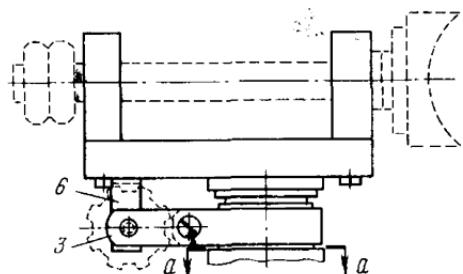
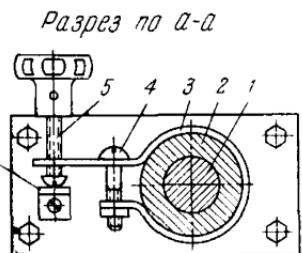
Рычаг тонких движений 3 изготавливается из стальной или дюоралюминиевой полосы (толщиной 4—5 мм) в виде фигурной детали. Полоса изгибается по оправке (обрезку стальной трубы) в виде петли с отогнутыми концами разной длины. Оба конца стягиваются болтиком 4. В более длинном конце также сверлятся отверстие и нарезается резьба для ведущего винта 5 с резьбой М6 или М8. Винт

Фиг. 3. Механизм тонких движений

1 — часовая ось; 2 — бобышка; 3 — рычаг;
4 — стяжной болтик; 5 — винт с маховиком;
6 — упор

должен быть достаточно длинным (до 50—60 мм) и иметь сферическую головку на конце. Он должен без люфта ввертываться в резьбовое отверстие рычага. Для противоположного конца винта надо подобрать какую-либо ручку или маховик (подобно ручке от радиоприемника или маховичку водопроводного крана).

Порядок сборки этой установки несколько иной, нежели предыдущей. Сначала привертываются оси к соответствующим планкам. Ось склонения (длинная) винтами или шурупами через отверстия во фланце скрепляется с планкой для крепления трубы. Затем часовая ось скрепляется с планкой, несущей подшипники оси склонения. Далее на планке устанавливаются стойки-подшипники и тормозные зажимы. Планка со стойками часовой оси накрепко привертывается к угловому скосу стойки штатива большими шурупами или сквозными длинными болтами. На привернутую к стойке бобышку надевается рычаг тон-

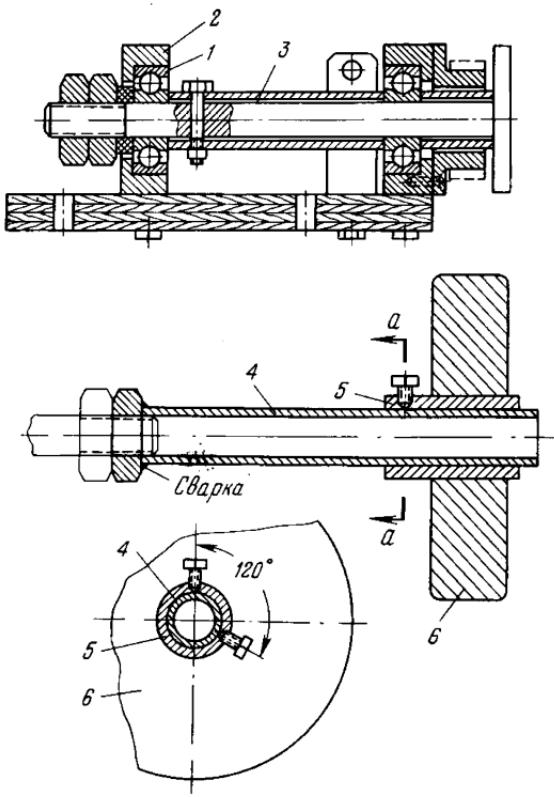


ких движений и предварительно закрепляется стяжным винтом с барашком. Хорошо, если этот винт удастся прочно закрепить на отогнутом конце петли рычага, приварить, припаять, закрепить контргайкой, а свободный конец выпустить через противоположное отверстие середины рычага. На выступающий конец болта навертывается обычный барашек (или маховичок с резьбой).

После этого собирают узел часовой оси. Для этого предварительно на ось надевают две-три металлические шайбы (лучше текстолитовые) и, пропустив свободный конец оси через стойки-подшипники (и тормозное устройство соответственно), вставляют ее до посадки и упора на торцовую поверхность круглой бобышки. С нижней стороны, также используя пару шайб, навинчивают гайку до закрепления оси, обеспечив ей свободное, без люфта, вращение. Если при вставке оси обнаружится несносность или перекосы отверстий в стойках и тормозном устройстве, их надо обработать круглым напильником (только осторожно, чтобы не ослабить) или несколько отпустить все винты крепления стоек к планке, а после вставки оси — вновь закрепить их. Крепящая гайка по оси фиксируется контргайкой.

Таким же способом и в таком же порядке собирается и узел оси склонения.

Противовес в 5—6 кг делается из подобранных по весу металлических дисков с отверстием в центре или отливается из свинца и укрепляется между двумя гайками на удлиненной части оси склонения. Для фиксации его можно предварительно надеть подобранные по длине распорную трубку (фиг. 2, 10). Для уравновешивания телескопа при установке на нем дополнительных приспособлений можно либо передвигать основной груз на резбе, при помощи гаек или стопорной муфты, либо прибавлять дополнительные грузы при фиксированном противовесе. В случае, если невозможно подобрать или изготовить длинную ось, можно сделать обе оси одинаковыми. Тогда для противовеса надо сделать удлинитель (фиг. 4, 4). Он состоит из такой же (третьей) оси с резьбой для противовеса (лучше многозаходной) на одном ее конце и с нарезанной втулкой или гайкой для скрепления с основной осью, приваренной к другому концу. Противовес можно снабдить втулкой со стопорными винтами. Для этого обрезок стальной трубы 5, свободно надевающийся на «хвост» оси, при отливке противовеса из свинца предварительно устанавливается в центре формы, так, чтобы наружу выступал конец трубы над уровнем металла. В этом конце заранее просверлены отверстия, в которых нарезается резьба для стопорных винтов. После остывания отливки втулка будет прочно держаться в противовесе. Втулку можно запрессовать (забить) в отверстие в противовесе.



Фиг. 4. Варианты конструкции

1 — шарикоподшипники; 2 — стойки с гнездами для подшипников;
3 — распорная трубка; 4 — удлинитель оси для противовеса; 5 — втулка противовеса со стопорными винтами; 6 — противовес

После окончания сборки штатива можно произвести пробную установку трубы телескопа. Труба устанавливается на верхней площадке оси склонения с боковыми накладками, образующими желоб, или ложе. Небольшая труба может быть притянута к желобку двумя широкими (25—30 мм) резиновыми манжетами, вырезанными из автомобильной или мотоциклетной камеры. Большая и тяжелая труба прикрепляется двумя металлическими полосами. Это крепление в случае переносной и разборной установки надо сделать разъемным (с помощью винтов с барабашками или затягивающихся замков, по принципу патефонного запора). Для каркасной сборной конструкции трубы (см. статью А. Н. Подъяпольского, наст. сб., стр. 27) крепление возможно при помощи двух шпилек, ввернутых в верхнюю площадку оси склонения и пропущенных через отверстия в среднем

кольце трубы и барашков, навинчивающихся на шпильки изнутри кольца.

После установки всех осей в подшипники и сборки головок осей надо ввернуть на места винты и барашки тормозных стоек. При этом весьма желательноочно закрепить винты в одной половине стоек. Затем можно попробовать выполнять тонкие передвижения телескопа. Для этого сначала телескоп руками ставится в нужном направлении, тормоз оси склонения затягивается. Винт подстройки отвертывается до минимума. Свободно вращающийся рычаг тонких движений подводится головкой винта вплотную к боковой грани площадки часовой оси, барашек рычага туго затягивается, фиксируя рычаг. После этого осторожным поворотом маховичка винта в правую сторону (винт ввинчивается) легко и плавно поворачивают телескоп на часовой оси. Это устройство допускает движение телескопа только в одну сторону, как бы подталкивая его. Обратное движение можно осуществить при помощи сильной пружины, нажимающей на шпенек, упирающийся в рычаг в противоположном направлении, как это делается, например, в геодезических приборах.

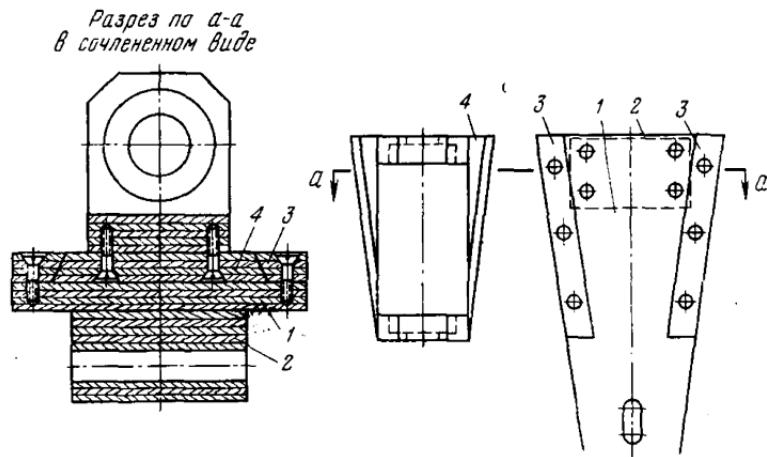
При тщательном изготовлении такое устройство можно механизировать, сочленив винт с часовыми механизмом.

Дальнейшие усовершенствования

Для тех любителей или коллективов любителей, которые имеют большие технические возможности, можно предложить установку осей на шарикоподшипники. Для этого подбираются подходящие однорядные шарикоподшипники, и диаметры осей изменяются в зависимости от них (но не делаются меньше указанных в таблице для данного «класса» телескопа). В этом случае поверхности осей можно не шлифовать. Они должны свободно, но без люфта, проходить в обойму подшипника. Для распора подшипников надо изготовить по одной распорной трубке (фиг. 4, 3), внутренний диаметр которой на 1—2 мм больше диаметра осей, а длина равна расстоянию между подшипниками. Сами шарикоподшипники вкладываются (с трением) в гнезда, расточенные в стойках, на соответствующих планках. В этом случае тормозные стойки подгоняются по внешнему диаметру распорных трубок. Тогда распорная трубка должна быть наглухо соединена с осью (сквозной болтик, шплинт).

Еще одно усовершенствование, полезное при переносной установке и значительных размерах телескопа,— разъем с застопоривающимся сочленением между узлом осей и вертикальной стойкой штатива. В этом случае под необходимым углом к стойке (или шарнирно, см. далее) на площадке часовой оси укрепляется специальная площадка с клиновидными направ-

ляющими. Другая, соответствующая по форме клиновидная деталь укрепляется с нижней стороны площадки часовой оси. Таким образом, получается незаклинивающееся (поскольку угол больше критического) крепление типа «ласточкин хвост» (фиг. 5). Эти детали замка можно изготовить из текстолита,



Фиг. 5. Детали разъемного сочленения

1 — основание сочленения; 2 — опора шарнира; 3 — внешние направляющие сочленения; 4 — внутренняя направляющая сочленения

дюралюминия или дельта-древесины (можно обе детали изготавливать из разного материала). Сопряжение поверхностей и пазов должно быть весьма точным, поэтому и обработать их необходимо только на хорошем металлообрабатывающем станке (строгальном или фрезерном). Правда, для упрощения изготовления и точной пригонки пазов можно сделать площадку и на кладки раздельно, а при установке и креплении накладок вложить ответную деталь до ее установки на площадку часовой оси. Этой работе надо уделить максимум внимания, ибо только точная подгонка и крепление всех элементов разъема обеспечивают надежность, устойчивость и удобство эксплуатации установки.

Несравненно удобнее работать с телескопом, если имеется возможность, направив телескоп в нужную точку неба и приведя объект в центр поля зрения визуально или при помощи искателя, тут же произвести точную наводку ключами тонких движений. Это достигается с помощью червячно-шестереночной системы, включаемой при помощи специальной муфты. Безусловно, эта система является уже сложной, требующей большой точности при изготовлении деталей и обработки их на хороших станках.

В этой конструкции к стойкам верхних подшипников осей добавлены круглые площадки, дополняемые привернутыми бортиками (в виде коробки), для размещения червячно-шестереночной пары (на каждой оси). Для крепления шестерней на осях оси удлиняют на 25—30 мм. Эти места у фланцев обрабатываются с большей точностью (шлифуются).

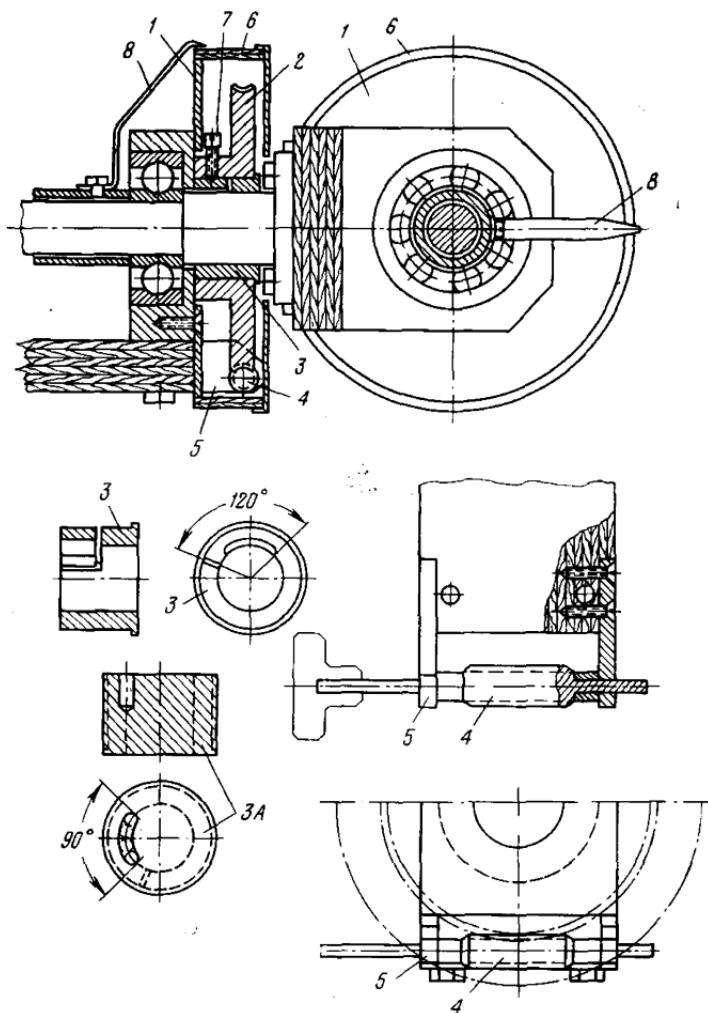
Ведущая муфта шестерней червячной передачи сделана в виде текстолитовой, разрезной, прижимаемой винтом втулки, впрессованной в шестерню. К боковым сторонам планок, несущих оси, с той стороны, где находится червячная пара, привертываются текстолитовые или дюралюминиевые стойки — подшипники для червяка.

Шестерня червячной пары изготавливается из термообработанного дюралюминия или из бронзы. Для ее облегчения в шестерне делают несколько технологических окон. Червячный винт должен быть, конечно, стальной. Хотя это и трудно, но иногда можно подобрать готовый червяк с подходящим шагом и размерами. При расчете передаточного соотношения пары надо делать его четным и кратным. Так, для часовой оси это соотношение равно 1 : 96; 1 : 120 или 1 : 144, а для оси склонения оно равно 1 : 90 или 1 : 120. Иначе говоря, при одном обороте червяка часовой оси поворот шестерни будет равен 15^м, 12^м или 10^м часовного угла, а для склонения окажется равным 4 или 3° угла склонения. Эти соотношения весьма удобны для отсчета заданных углов при ведении телескопа «вслепую». Если же конструктору посчастливится подобрать целиком пару зубчатка — червяк подходящего размера (все равно их можно применить), это только облегчит его труд, так как отпадет одна из сложных операций.

По окружности к торцам круглой площадки на винтах прикрепляется кожух, прикрывающий шестерню. Снаружи кожух можно выкрасить в белый цвет и нанести деления в градусах и часах, а к осям привернуть металлические стрелки-указатели (фиг. 6).

Штатив для телескопов большого размера. Для средних и особенно для тяжелых любительских установок (графа 3 в таблице) совершенно необходимо штатив, стойку и ножки его сделать металлическими. В крайнем случае ножки можно изготовить из дерева, дельта-древесины и пр., но для стойки нужна стальная труба.

Практически бывают случаи, когда в заводском металлическом ломе попадаются подходящие стойки и треноги или открывается возможность приобрести нечто подходящее из списанного оборудования в какой-либо организации. Так, очень часто можно подобрать подходящие детали из медицинского оборудования: стойки от хирургических осветителей, лечебной, электро- и рентгеновской аппаратуры, зубоврачебных бор-машин и т. п.

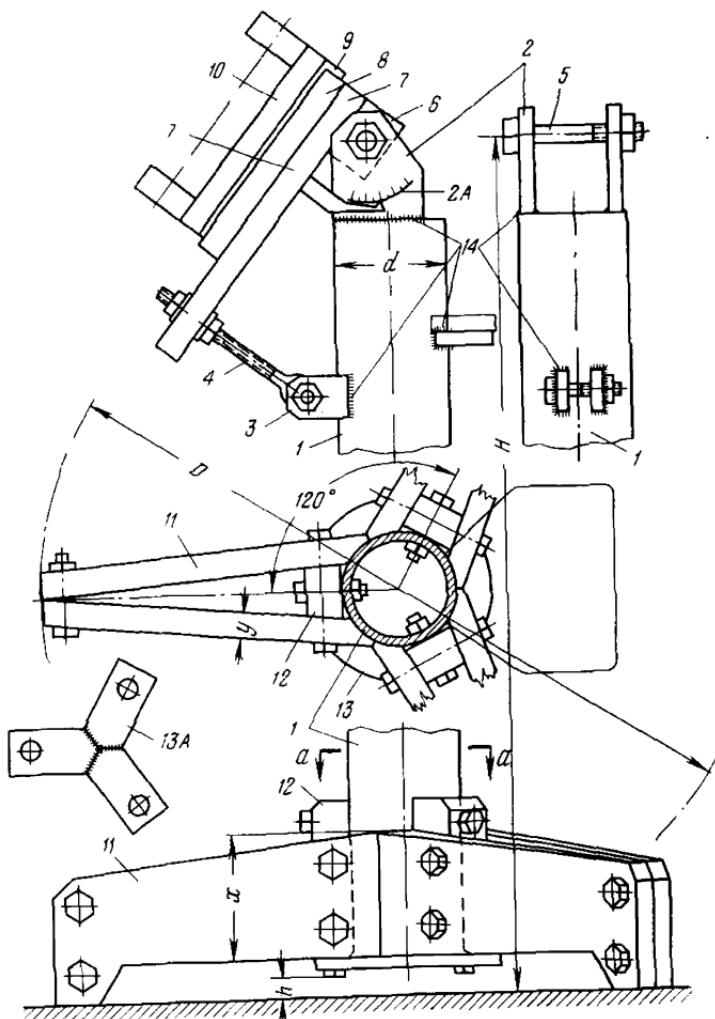


Фиг. 6. Узел ведущей муфты шестерни червячной передачи

1 — дисковая площадка; 2 — червячная шестерня; 3 — втулка ведущей муфты; 4 — червяк; 5 — стойки-подшипники червяка; 6 — кожух с нанесенной на нем шкалой (в часах или градусах); 7 — винт регулировки ведущей муфты; 8 — стрелка-указатель

Конечно, лучше спроектировать металлический штатив и построить его, используя станки для обработки металла, но далеко не многие любители имеют такую возможность. Поэтому ниже приводится описание комбинированной металло-деревянной установки.

Стойка (фиг. 7, 1) должна быть достаточно жесткой и не слишком тяжелой, поэтому ее делают из обрезка тонкостенной



Фиг. 7. Тяжелый штатив с разъемным сочленением

1 — колонна или стойка; 2 — цапфы шарнирного крепления узла осей, 2А — шкала широты; 3 — ушки регулировочной опоры; 4 — винт, регулирующий наклон часовой оси; 5 — болт шарнирного соединения; 6 — опора шарнира; 7 — основание разъемного сочленения; 8 — внешние направляющие сочленения; 9 — внутренняя направляющая сочленения; 10 — площадка часовой оси; 11 — сборные ножки; 12 — распоры основания ножек; 13 — фланец колонны; 13А — фасонная пластина, заменяющая фланец; 14 — место электро- или автогенной сварки

Основные параметры самодельных установок

№ п/п	Диаметр зеркала (объектива) телескопа-рефрактора, м.м.	$\frac{H^*}{x}$, м.м.	$\frac{h}{x}$, м.м.	D , м.м.	Материал стойки и ее диаметр, м.м.	Тип осей и подшипников	d , м.м.	Размеры на фиг. 1, м.м.	
								диаметр, м.м.	диаметр, м.м.
1	80—100 (30—50)	800	$\frac{20—25}{75}$	500—600	Дерево, 60—70	Винты	5—8	$a=30—40; \delta=50;$ $\theta=100; z=300$	
2	110—150 (50—80)	1000	$\frac{35—40}{120}$	600—700	Медная труба, 50—60	Металлическая, на трении	10—12	$a=25; \delta=40;$ $\theta=150; z=400$	
3	160—200 (80—100)	1200	$\frac{40—50}{150}$	700—800	То же, 60—80	Металлическая, шарикоподшипники	16—18	$a=35; \delta=60;$ $\theta=180; z=500$	
4	Более 200	1400	$\frac{50}{120}$	900—1000	То же, 80—100	То же	25—30	$a=60; \delta=90;$ $\theta=250; z=700$	

* Указанная высота стоек для телескопа-рефрактора годится при использовании стола, тумбы или высокой табуретки. В противном случае надо увеличить высоту стойки на 700—800 м.м.

стальной трубы. Основные параметры ее приведены в таблице. В нижней части трубы приваривается выточенный стальной фланец (13) или сварная пластина с тремя отростками с отверстиями для крепления ножек (13A). В верхний конец трубы вставляется (забивается) деревянная пробка. Часть ее (100—150 мм) выступает над трубой. На ней очень аккуратно и по-возможности точно для установки и крепления узла осей делается срез под углом к стойке (к вертикали), равным дополнению до 90° широты местности (например, для Москвы $90^\circ - 55^\circ 45' \approx 34^\circ$).

Для шарнирного соединения узла осей с колонной (для коррекции угла полярной оси в соответствии с широтой местности) к верхнему срезу стойки привариваются цапфы 2 (щечки с отверстиями), а на боковой поверхности параллельно цапфам на расстоянии, равном длине основания узла осей, два ушка 3.

Посредством опоры 6, привернутой к основанию узла осей и болтов, ввернутых в опору, узел осей соединяется шарниром со стойкой, что дает возможность изменять его наклон. Положение узла фиксируется, закрепляется и может корректироваться в пределах $\pm (20-25^\circ)$ при помощи регулировочной опоры 4 с резьбой, серьгой и двумя гайками. Серьга опоры помещается между проушинами и фиксируется болтом с гайкой, а между двух гаек на опоре зажимается хвостовик основания. После регулировки угла все гайки и болты опоры жестко закрепляются.

Для удобства отсчета и контроля угла наклона полярной оси на одной из щечек цапфы делается шкала 2А в градусах угла φ. Против шкалы на нижней плоскости основания соединения укрепляется стрелка-указатель.

Ножки штатива 11 — одна из ответственных частей всей установки. На них ложится вес телескопа, противовеса и всей установки. Они должны обеспечивать устойчивость, отсутствие вибраций и неизменность положения инструмента при работе с ним, при действии случайных нагрузок, например ветра.

В силу этого было решено (и было проверено на практике) сделать ножки из пластин (текстолит, дюралюминий или дельта-древесина). Каждая пара пластин, поставленных на ребро, скреплялась под углом (для жесткости). Между пластинами у основания стойки помещались распорные вставки 12. Концы пластин стягивались болтами. В двух точках близ верхнего и нижнего краев пластин болтами, пропущенными через вставки, ножки плотно прикреплялись к стойке 1, а также к фланцу или к выступам фасонной пластины 13, 13A.

Таким образом, для разборной установки получается удобная и достаточно жесткая конструкция, пригодная для многих любительских астрономических наблюдений и работ.

В принципе вся установка расчленяется на три части: труба телескопа, узел осей с противовесом и стойка с ножками.

Автору удавалось одному опустить такую установку на лифте и собрать для работы во дворе в течение 10 минут.

В заключение надо сказать, что описанные установки (особенно первая) не могут полностью отвечать всем требованиям устойчивости, жесткости, точности, так как постройка безукоризненной установки для телескопа, пожалуй, не менее сложна, чем изготовление хорошего зеркального объектива. Во всяком случае тем, кто имеет возможность обработать детали на станках и осуществить точную сборку всех узлов, мы советуем использовать эту возможность наиболее полно для технического совершенства всей установки.

Возможны и другие варианты конструкции узлов и деталей. Так, например, лучшее решение для осей — это применение незаклинивающегося конуса (особенно для часовой оси). В качестве «сырья» для такого конуса хорошо использовать конусный газопроводный кран большого размера (чугунный или бронзовый). Такой кран был использован московским любителем С. К. Савиным для очень хорошей самодельной установки 220-миллиметрового рефлектора.

Вопросам расчета и конструирования установок для любительских телескопов будет специально посвящена книга А. С. Фомина.

Самодельный 165-миллиметровый рефлектор на параллактической установке

Н. К. Андрианов

Руководствуясь книгой М. С. Навашина «Самодельный телескоп-рефлектор» [3] и его «Инструкцией к изготовлению самодельного рефлектора» [4], в 1962 г. автор изготовил 115-миллиметровый рефлектор на простом азимутальном штативе, сделанном почти целиком из дерева. Проведенные с помощью этого телескопа наблюдения Луны, Юпитера, Сатурна, Марса, некоторых двойных звезд и других небесных объектов с увеличениями от $48\times$ до $178\times$ выявили вполне удовлетворительные его оптические качества и побудили автора приступить к постройке более сильного инструмента на параллактической установке.

Осенью 1962 г. с большим трудом удалось достать плоский иллюминаторный диск диаметром 365 мм и толщиной 21 мм. Из этого диска были изготовлены два одинаковых диска диаметром 168 мм каждый для 165-миллиметрового зеркала (3 мм уйдут на фаски). Эти диски были высверлены ручным способом с помощью специально приготовленного трубчатого сверла. Для сверления употреблялся наждач № 120. Сверло представляло собой низкий стальной цилиндр с мелкой насечкой по нижней рабочей его поверхности. Сверху на цилиндр был наварен толстый стальной диск с приспособлением в центре для укрепления в патроне сверлильного станка. Однако применявшимся автором сверлильный станок имел заметные радиальные биения и не допускал достаточно малых оборотов. Поэтому он использовался лишь для получения неглубокой канавки в стекле, а дальнейшая работа из-за боязни расколоть стекло производилась вручную; время от времени в канавку подсыпался мокрый абразив и производились сверлом вращательные движения то по часовой стрелке, то против нее.

Когда сверление было закончено, автор стал готовиться к шлифовке зеркала. В качестве станка для шлифовки он использовал обыкновенный табурет, нарастив на его ножки прочную и

достаточно массивную деревянную подставку. Грубая и тонкая шлифовка проводилась примерно так, как это рекомендуется в литературе [1, 3, 4]. Однако, поскольку в дальнейшем, может быть, придется зеркало и шлифовальник менять местами, ручкой снабдили не только зеркало, но и шлифовальник, а оправу для шлифовальника сделали в форме прочного и достаточно толстого деревянного кольца, внутрь которого свободно могла входить цилиндрическая ручка шлифовальника или зеркала. Шлифовальник прочно удерживался на кольце с помощью шести резиновых пробок, привернутых шурупами. Кольцо прикреплялось к верхней поверхности табурета также с помощью шурупов.

Грубая шлифовка производилась карборундом № 60, при этом обычные радиальные штрихи зеркала по шлифовальнику чередовались со штрихами по хорде [1]. Величина углубления вначале измерялась с помощью стопки бумажных полосок, помещенных в середине углубления зеркала под линейку, а на более поздней стадии шлифовки — «мокрым способом». Далее шлифовка производилась наждаком № 120 и 200, а тонкая шлифовка — отмученными сортами наждака — 1, 5, 15, 30 и 60-минутниками. Смола для полировальногоника первоначально состояла по весу из 60% гудрона и 40% канифоли. Однако в ходе полировки и точной фигуризации зеркала полировальныйник пришлось дважды переделывать, постепенно увеличивая относительное содержание канифоли в смеси до 60%.

При тонкой шлифовке минутниками и при полировке очень большие неприятности причиняли неожиданно появлявшиеся царапины (главным образом от крохотных сколов с краев зеркала или шлифовальника). Много времени и труда тратилось на их уничтожение. В конце концов автор пришел к выводу, что перед нанесением на шлифовальник каждой новой порции абразива нужно внимательно просматривать в лупу края фасок шлифовальника и зеркала, а также очень тщательно приготовлять минутники, ибо практически легче предупредить появление царапин на зеркале, чем вывести их (у автора выведение царапин отняло не менее половины всего времени, затраченного на шлифовку зеркала)¹.

Полировка и фигуризация сферического зеркала сопровождались постоянным оптическим контролем по методу Фуко и по дифракционным кольцам внефокального изображения искусственной «звезды». В качестве осветителя для этой цели использовался обычный аллокскоп (можно проекционный фонарь). Перед

¹ Минутники перед употреблением нужно дополнительно отмучивать, оставляя в сосуде слой воды над абразивом. Брать абразив осторожно, сверху, каждый раз споласкивая кисточку в чистой воде. То же нужно делать, пользуясь крокусом или полириттом при полировке. (Прим. ред.).

его объективом был помещен станиолевый экран с нескольки-ми очень маленькими круглыми отверстиями. В качестве ножа Фуко использовалось лезвие безопасной бритвы. Мелкие перемещения лезвия производились по принципу рычага, причем пробочный держатель для лезвия помещался на конце малого его плеча. Это позволяло легко добиваться самых незначительных перемещений ножа Фуко. Изготовление сферического зеркала заняло около четырех месяцев напряженного и кропотливого труда.

После целого ряда временных неудач и известных трудностей автору удалось изготовить вполне хорошее сферическое зеркало с диаметром свободного отверстия 165 мм (6,5 дюймов) и с фокусным расстоянием 1590 мм. Оно послужило основой для создания будущего телескопа.

Сравнивая время и труд, затраченные на изготовление зеркал диаметрами 115 и 165 мм, легко убедиться, что с возрастанием размеров зеркала в значительной степени возрастают и трудности его изготовления. Одной из таких трудностей оказалось неожиданно сильное присасывание зеркала к шлифовальному при выполнении тонкой шлифовки 30-минутником. Зеркало и шлифовальник присосались друг к другу так крепко, что ни сильная струя воды, ни горячая мыльная вода не смогли их разъединить. Рекомендуемый обычно крайний способ, заключающийся, как известно, в осторожном нагревании слипшихся стеклянных дисков, казался очень рискованным. Вместо этого автор решил их разъединить следующим способом. Он положил слипшуюся пару стеклянных дисков на дно небольшой кастрюли, предварительно поместив под стекло небольшие деревянные прокладки. Залив диски достаточным количеством воды комнатной температуры, он поставил эту кастрюлю на плитку и осторожно нагрел в ней воду и слипшиеся диски до 60—70° С. Вынув затем диски из воды, автор взял небольшую тряпочку, смочил ее прохладной водой из-под водопроводного крана и слегка прикоснулся ею к краю шлифовальногоника. Этого оказалось достаточно, чтобы последний немногого изменил свою форму и в образовавшуюся между шлифовальнымником и зеркалом небольшую щель проник воздух. Вслед за тем диски легко разъединились. Думается, что этот способ весьма эффективен и в то же время безопасен как для зеркала, так и для шлифовальногоника.

С еще более значительной трудностью пришлось встретиться при полировке зеркала. Длительное время не удавалось получить хорошую форму зеркала, так как центральная его часть упорно сохраняла меньшую, по сравнению с периферией, кривизну и при наблюдении теневой картины по методу Фуко центральная часть зеркала имела значительное возвышение. Были испробованы разные способы — удлинение штриха, подрезка полировальногоника и двукратная его переделка с добавлением в

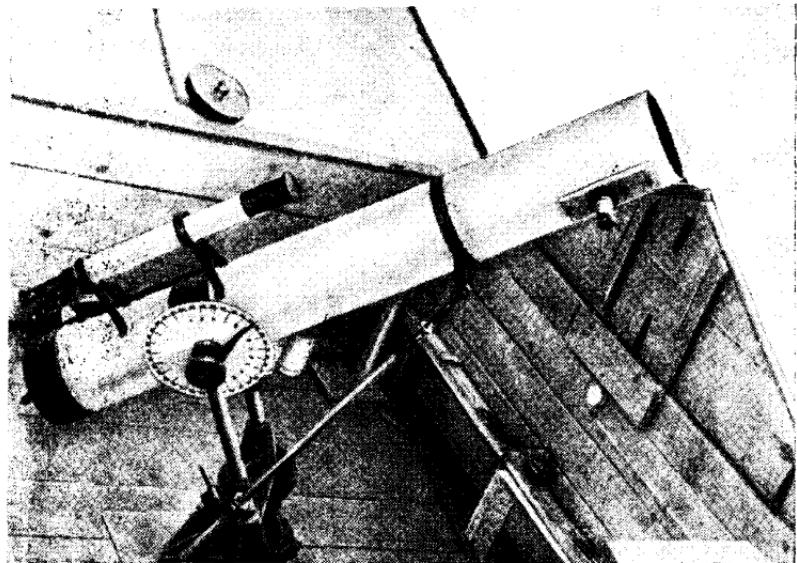
этим дефект зеркала не устранился. Тогда автор пришел к заключению, что единственной причиной здесь мог быть только сильный нагрев зеркала и шлифовальника в ходе самой полировки. Этот нагрев обусловливал такое искривление зеркала, что центральная его часть при полировке почти не соприкасалась с полировальнымником, вследствие чего и сохранялся упомянутый выше дефект. Автор перешел на очень медленные штрихи, стал чаще давать зеркалу отстаиваться и увеличил само время отстойки. Через несколько десятков часов такой полировки в замедленном темпе зеркало получило хорошую форму¹.

Самое серьезное внимание было уделено изготовлению механических частей телескопа и, в частности, параллактической установки, так как из опыта автор хорошо знал, что плохая установка телескопа практически сводит на нет даже очень хорошие его оптические качества. Поэтому он решил, не жалея ни труда, ни времени, сделать хорошую параллактическую установку. Была выбрана параллактическая установка вилочного типа.

За исключением сварки и нарезки точной резьбы, почти всю работу по созданию механической части телескопа автор выполнил сам в свободное от работы время, используя возможность работать на токарном, фрезерном и сверлильном станках. В целом на постройку телескопа, включая время, затраченное на изготовление главного зеркала, ушло около 10 месяцев (по 25—30 часов в неделю). Кроме того, не менее месяца было затрачено на сооружение павильона для телескопа с открывающейся двухстворчатой крышей. Фиг. 1—8 дают наглядное представление о телескопе, некоторых его узлах, дополнительных приспособлениях и отчасти о павильоне, где он установлен.

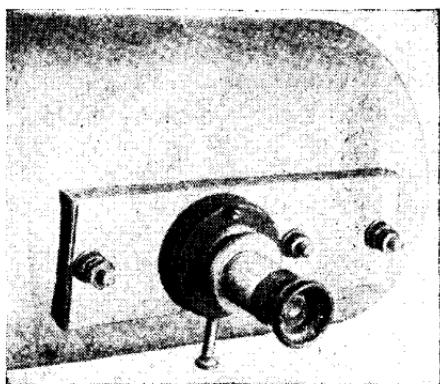
Труба телескопа (фиг. 1) сварена из железных листов толщиной 2 мм. Ее длина — 164 см, внутренний диаметр — 205 мм. На нижний конец наварено кольцо из 6-миллиметровой железной полосы шириной 50 мм. К кольцу в трех равноудаленных друг от друга местах приварены три небольших цилиндра с внутренней резьбой под болты М-8. С помощью этих болтов и трех пар гаек обеспечивается надежное крепление оправы с зеркалом к трубе и юстировка зеркала относительно оптической оси телескопа. На противоположном конце трубы находится окулярный узел (фиг. 2). Его основой является толстая алюминиевая пластина прямоугольной формы размером 200×70×20 мм, скрепленная с трубой двумя болтами М-8. Прилегающая к трубе сторона этой пластины снабжена желобообразной выемкой. Вы-

¹ Такое возвышение в средней части зеркала могло быть связано с неравномерным охлаждением шлифовальногоника из-за отверстия в середине оправы, на которой он лежал. (Прим. ред.).



Фиг. 1. Общий вид телескопа и павильона

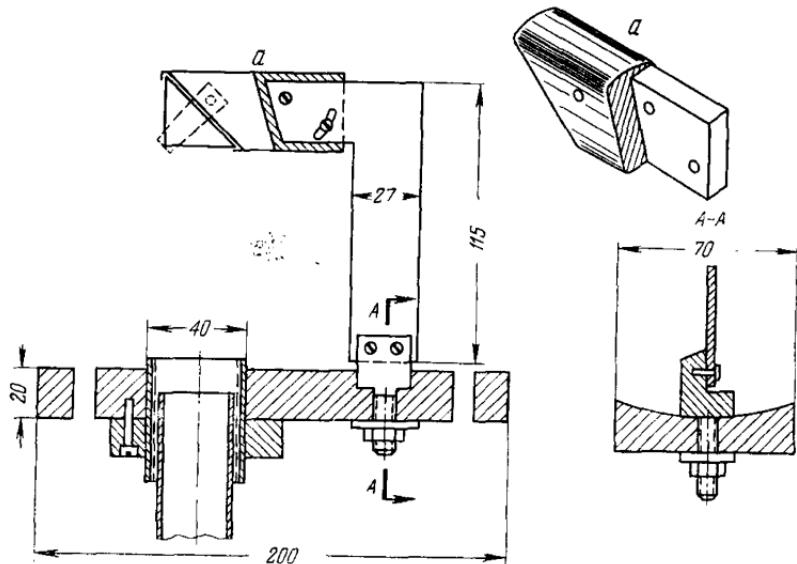
ступающие резьбовые концы соединительных болтов служат для временного присоединения к телескопу различных вспомогательных приборов (фотокамера, револьвер с блендами и светофильтрами, фотометр и т. д.). Окулярные трубки выточены из нержающей стали. Фокусировка осуществляется резьбовым вращением этих трубок. Телескоп работает по оптической схеме Ньютона; вместо плоского диагонального зеркальца использована призма полного внутреннего отражения от призматического бинокля, катетные грани которой имеют размеры 20×30 мм. Значительное фокусное расстояние главного зеркала делает ее применение вполне возможным. Эта призма крепится с помощью двух медных пластинок болтами М-4 и М-2 к алюминиевому брускочку с овальным сечением и со срезом к оси телескопа под углом в 45° (фиг. 3). Этот брускочек при помощи железной пластины («ножа») толщиной 2 мм соединяется на болтах с основанием окулярного узла. Положение призмочки выверяется



Фиг. 2. Окулярный узел

при помощи поворота «ножа» около его продольной оси, а также посредством поворота основания призмочки около горизонтальной оси. Такой способ крепления призмочки (или плоского зеркальца) очень прост и надежен в работе.

Труба телескопа окрашена изнутри матовой черной краской, а снаружи — белой эмалью. На ней посредством специальных стоек укреплен искатель с 50-миллиметровым ахроматическим

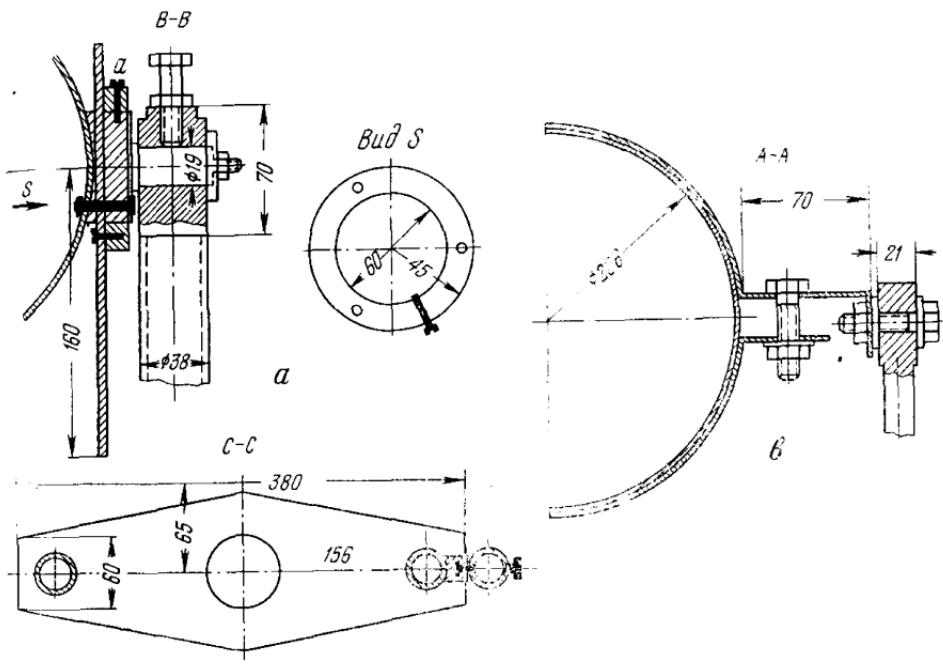


Фиг. 3. Детали окулярного узла

объективом. Искатель дает увеличения $10\times$ и $30\times$. Основание установки выполнено из толстых полос железа и швеллера на болтах. Полярная ось сделана из стальной толстостенной трубы диаметром 60 мм и длиной 300 мм. Она вращается в кольцевых медных подшипниках скольжения. К ее верхней частиочно прикреплено на резьбе и трех стяжных болтах основание вилки, сделанное из железной полосы толщиной 15 мм. К последней приварены перья вилки из 38-миллиметровых стальных трубок с толщиной стенок 3 мм. На северный конец полярной оси насанжено также зубчатое колесо, предназначенное в соединении с червяком обеспечивать медленное движение телескопа на этой оси.

Перья вилки сверху заканчиваются цельными цапфами, в которых могут свободно вращаться полуоси, составляющие в совокупности ось склонений телескопа. Эти цапфы выточены на токарном станке из стальных болванок и представляют собой цилиндрические пробки с расширением в верхней части. Ниж-

ней частью они плотно входят сверху в перья вилки и удерживаются там трением и весом трубы телескопа. В верхней же части они имеют горизонтальные цилиндрические отверстия диаметром 19 мм для оси склонения телескопа. Для предотвращения люфта по оси склонений в головках обеих цапф сверху имеются отверстия с резьбой М-6 для прижимных болтов (фиг. 4). Труба



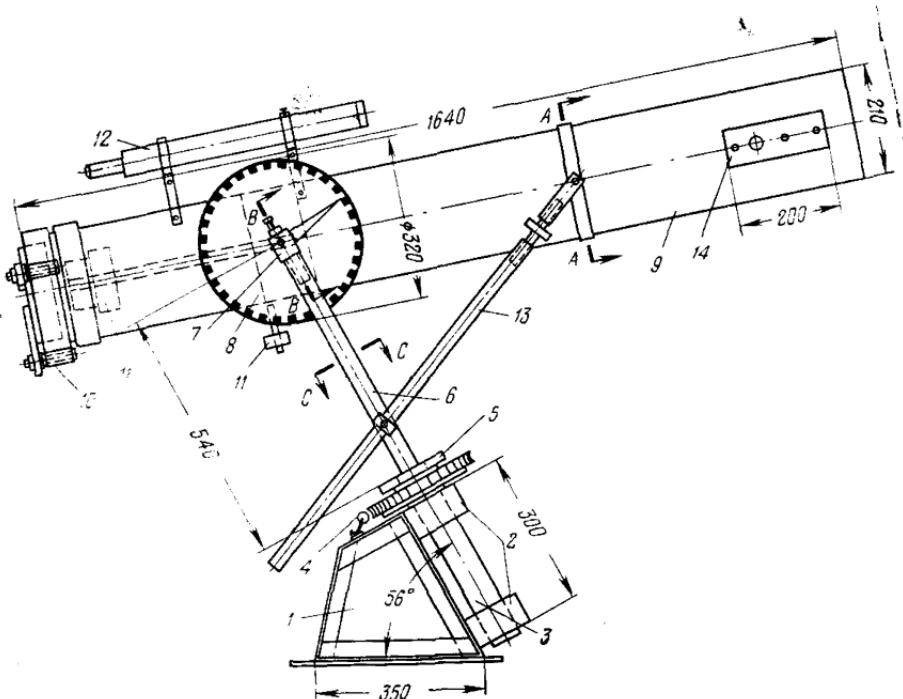
Фиг. 4. Крепление оси склонения к вилке (а), основание вилки (б) и крепление верхнего конца трубчатой штанги (в)

телескопа в месте соединения с полуосями усиlena наваренной на нее широкой (150 мм) железной полосой толщиной 6 мм. Каждая полуось заканчивается у основания круглым расширением и соединяется с трубой телескопа тремя болтами М-6. Одна из полуосей несколько выступает за внешнюю кромку цапфы и заканчивается квадратным сечением. К этому концу полуоси с помощью штанги крепятся для уравновешивания телескопа грузы с фиксирующими болтами. Труба телескопа около оси склонения со стороны, противоположной искателю, также снабжена специальными грузами для равновесия.

Особая трубчатая штанга с микрометрическим двусторонним винтом (для левой и правой резьбы) обеспечивает тонкие перемещения телескопа по склонению. При наведении телескопа на светило нижний конец штанги раскрепляется и может скользить

по специальному упорному кольцу, подвижно укрепленному на одном из перьев вилки. Нижний конец штанги фиксируется специальным зажимным винтом.

Медленное движение телескопа вдоль суточной параллели производится посредством кинематической пары нарезной часовой круг — червяк, с помощью карданного ключа. В дальнейшем предполагается для этой цели использовать электромотор с редуктором и реостатом. Для грубой наводки телескопа на светило по его координатам имеются разделенные круги (круг склонения и круг прямых восхождений).



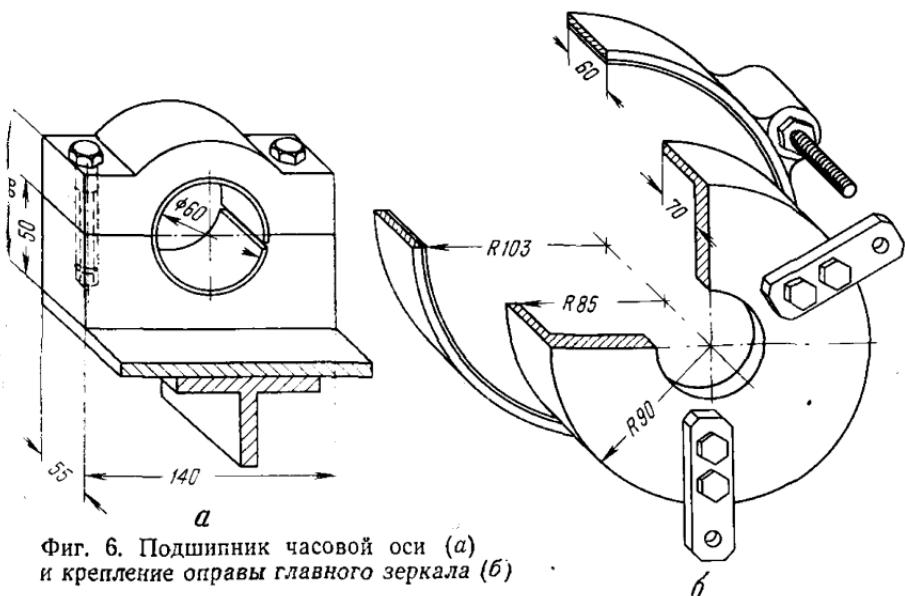
Фиг. 5. Установка телескопа

1 — основание установки; 2 — подшипники; 3 — часовая ось; 4 — червячная передача; 5 — основание вилки; 6 — перо вилки; 7 — опорная цапфа оси склонения; 8 — лимб; 9 — труба; 10 — оправа зеркала; 11 — противовесы; 12 — искатель; 13 — трубчатая штанга для тонких движений по оси склонения; 14 — окулярный узел

Конструкция всей установки показана на фиг. 5, а детали подшипника часовой оси и крепление оправы главного зеркала — на фиг. 6.

Поскольку для изготовления механической части телескопа использовался только металл, а размеры телескопа довольно

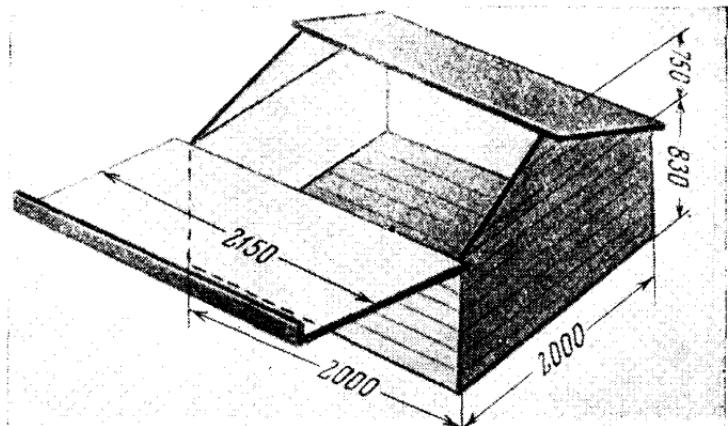
внушительные, неудивительно, что и весит он также немало. Труба телескопа весит около 20 кг. Вес всего телескопа вместе с грузами и оптикой составляет около 80 кг. Поэтому после того как в основном работы по постройке телескопа были закончены, пришлось подумать и о постройке павильона для него.



Фиг. 6. Подшипник часовой оси (а)
и крепление оправы главного зеркала (б)

Автор остановился на деревянном павильоне с крышей, раскрывающейся на две створки (фиг. 7). Сообразно с размерами телескопа павильон имеет форму прямоугольного ящика длиной и шириной 2 м. Высота стен — 0,8 м. С северной и с южной сторон к ним присоединены вертикальные щиты треугольной формы. Северный щит закреплен наглухо, а южный может откапываться на 90° наружу и занимать горизонтальное положение. Верхние кромки двух других стенок павильона усилены брусьями, и к ним при помощи 12 петель (по 6 петель на каждую створку) прикреплены створки крыши. Размеры каждой створки 210×120 см. Створки сделаны из досок и сверху покрыты кровельным железом. Свободный конец одной из створок имеет в сечении Г-образную форму и в закрытом положении сверху накрывает своей выступающей частью другую створку, надежно предохраняя тем самым телескоп от непогоды.

Пол павильона сделан из 4-санитметровых досок и приподнят над поверхностью земли на 1,5 м. В центре его вырезано отверстие прямоугольной формы размером 45×35 см. Под этим отверстием находится верхний конец толстого массивного деревянного бревна, на котором и покоятся основание телескопа. Нижний конец бревна пропитан креозотом (для предохранения

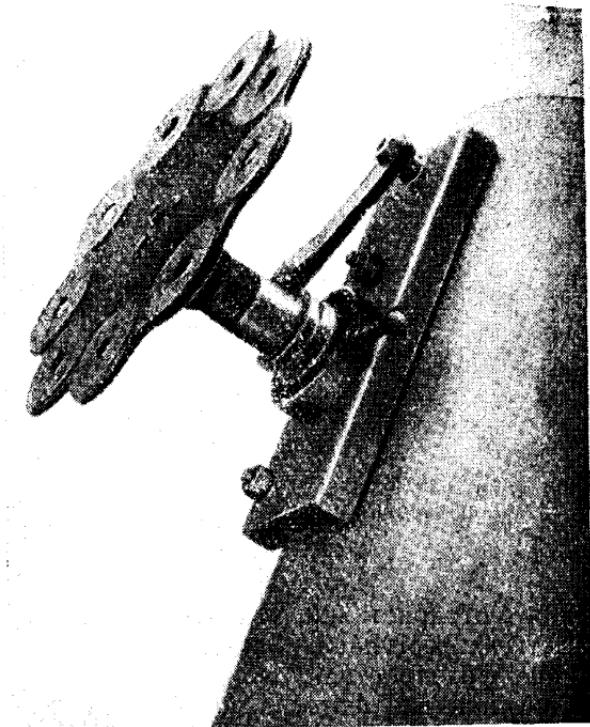


Фиг. 7. Устройство павильона

ст гниения) и глубоко вкопан в землю. Для раскрывания и закрывания крыши ее створки снабжены специальными ременными ручками. Для того чтобы створки при раскрывании крыши не опускались слишком низко, с наружной стороны каждая из них несет небольшой упорный столбик на шарнире: когда створки раскрываются, столбик под действием своего веса принимает вертикальное положение и обеспечивает надежную фиксацию створки под углом около 10° к горизонту.

Внутри павильона имеются две розетки, подводящие ток от городской сети с напряжением 220 в, и автотрансформатор, позволяющий получать напряжение 3,5 и 24 в. Ток малого напряжения от трансформатора используется для подсветки при записях и зарисовках. Его можно также использовать для питания лампочки фотометра, для освещения креста нитей в окуляре и для многих других целей.

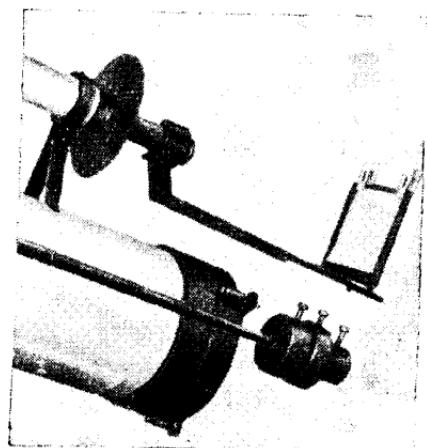
Параллактическая установка телескопа делает работу с ним особенно удобной и приятной. С имеющимися у автора окулярами телескоп дает увеличения 44 \times , 76 \times , 119 \times , 190 \times и 285 \times . При этом увеличение 285 \times еще не является предельным. Уже предварительные наблюдения Юпитера, Сатурна, Луны и некоторых двойных звезд показали вполне хорошие его оптические качества. В частности, при увеличении 190 \times отчетливо разрешаются двойные звезды ϵ_1 и ϵ_2 Лиры, при увеличении 285 \times (при очень хороших атмосферных условиях) заметен второй (зеленоватый) спутник у Андромеды. На диске Юпитера отчетливо различаются мелкие детали строения его полос, очень хорошо видно красное пятно, отчетливо выделяется тень от спутников, хотя сами спутники при их прохождении перед диском



Фиг. 8. Дисковый револьвер для быстрой смены светофильтров и бленд

планеты бывают видны не всегда. На диске Сатурна при хороших атмосферных условиях заметны несколько слабых темных полос, а на его кольце — щель Кассини.

Изготовлены также некоторые дополнительные принадлежности к телескопу, как то: дисковый револьвер для быстрой смены светофильтров и бленд (фиг. 8), солнечный экран для наблюдений Солнца в 50-миллиметровый искатель (фиг. 9), приставка для фотографирования светил на обычную узкую пленку в главном фокусе (фиг. 10). Фотоприставка состоит из направляющей пластины 1 и кассеты для пленки 2. В основном прибор сделан из дерева и фанеры, направляющая пластина крепится к окулярной трубке, а на противоположной части снабжена двумя пазами, по которым может скользить кассета. Кассета сделана из фанеры. Одна сторона ее снабжена четырьмя круглыми отверстиями диаметром 22 мм каждое. Во время съемки по очереди (на каждый кадр) против окулярной трубки устанавливается одно из этих отверстий кассеты, через которое свет падает на пленку. Кассета вмещает отрезок пленки на четыре кадра.



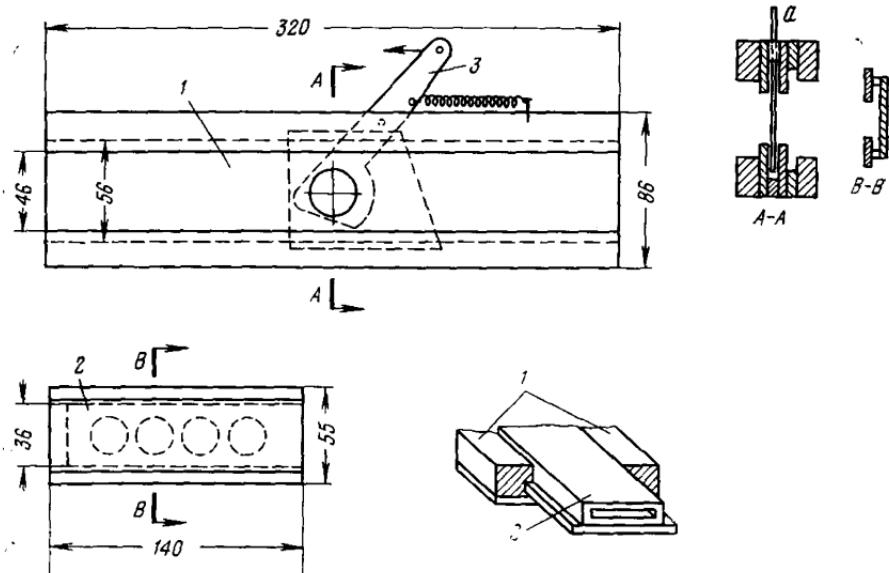
Фиг. 9. Экран для наблюдений Солнца в 50-миллиметровый искатель

Направляющая пластина имеет снаружи простой затвор *a*, сделанный из толстой железной пластины. Посредством пружины он может приводиться в исходное положение. Затвор открывается вручную при помощи шнурка, прикрепленного к его свободному концу.

Изображения фокусируются по матовому стеклу, вставляемому вместо кассеты. Достаточно длинная полоса из плотной черной бумаги, вставляемая в кассету между стенкой с круглыми отверстиями и пленкой, предохраняет пленку от засвечивания. Перед съемкой, после того как кассета с пленкой вставлена в направляющие

пазы основания фотоприставки, эта бумажная полоска вытягивается из кассеты за выступающий конец.

При желании фотоприставку можно использовать с небольшими переделками и для фотографирования с окулярным уве-



Фиг. 10. Фотоприставка
1 — направляющая пластина; 2 — кассета для пленки; 3 — затвор

личением. Для этого нужно только добавить спереди к ней небольшую соединительную трубку надлежащей длины, предусмотрев при этом возможность точной фокусировки посредством перемещения окулярной трубы с окуляром. Однако позднее вместо этой приставки автор стал использовать в тех же целях, а также для фотографирования с окулярным увеличением корпус фотоаппарата «Зенит».

165-миллиметровый рефлектор — не очень большой по своим размерам инструмент. Однако он вполне пригоден для некоторых серьезных работ, особенно для исследования поверхности Луны и больших планет и для астрофотографии. Кроме того, его с успехом можно использовать в соединении с фотометром для наблюдений **переменных звезд**.

Павильон для телескопа астронома-любителя

Н. К. А н д р и а н о в

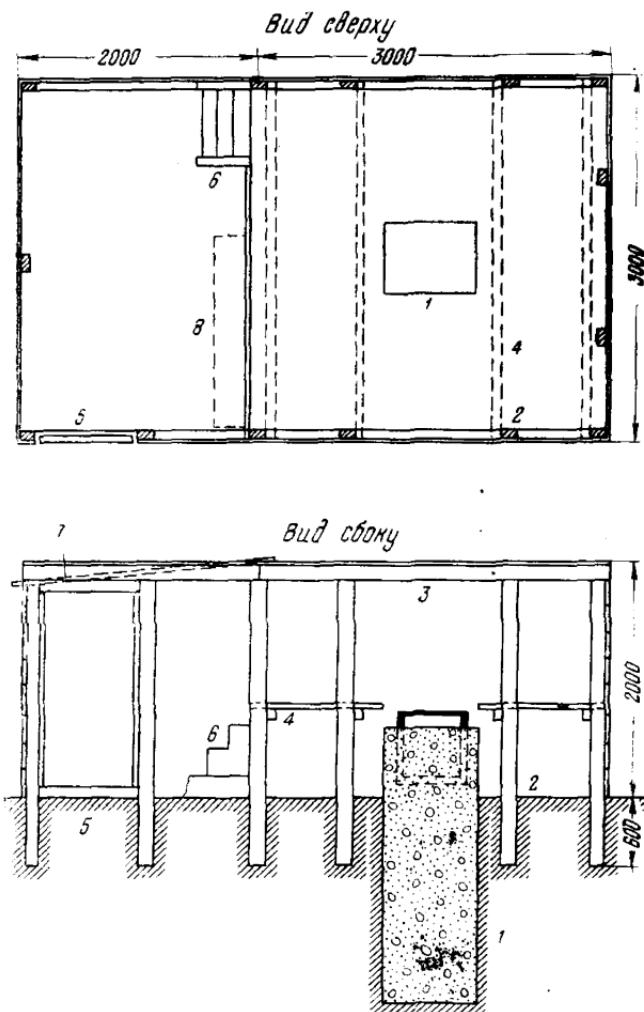
Перед любителем астрономии, сумевшим разрешить нелегкую, но очень интересную задачу создания своими силами достаточно мощного, пригодного для серьезных работ, телескопа-рефлектора с диаметром главного зеркала от 150 *мм* и выше, смонтированного на устойчивом, а значит, и довольно тяжелом параллактическом штативе, тотчас встает и другая очень важная задача — построить астрономический павильон, в котором можно было бы установить свой телескоп. Цель настоящей статьи и заключается в том, чтобы помочь такому любителю справиться с этой важной задачей.

В своей статье «Самодельный 165-миллиметровый рефлектор на параллактической установке» (наст. сборник, стр. 51) автор уже касался вопроса о конструкции любительского астрономического павильона в виде достаточно просторного деревянного ящика с квадратным полом, закрывающегося двухстворчатой крышей на шарнирах. Такой павильон нетрудно сделать самому, и он вполне подойдет для небольшого телескопа с длиной трубы до 1,5 *м*.

В настоящей статье описывается устройство более совершенного астрономического павильона с откатывающейся по рельсам крышей, пригодного как для установки в нем более крупного телескопа с длиной трубы до 2,5 *м*, так и для размещения различных вспомогательных приборов и принадлежностей. Такой павильон (фиг. 1—3) был построен автором этой статьи, заручившимся предварительно помощью человека, хорошо знакомого со сварочными и токарными работами.

За образец был взят стандартный павильон с откатывающейся по рельсам крышей, который в настоящее время, благодаря простоте и дешевизне изготовления, получил широкое распространение на многих астрономических обсерваториях для

размещения телескопов средней силы. Однако размеры павильона были несколько уменьшены (до 3×3 м вместо 4×4 м), а устройство для откатывания крыши значительно упрощено. Кроме того, было предусмотрено небольшое вспомогательное



Фиг. 1. Каркас павильона

Помещение для хранения некоторых приборов и выполнения небольших столярно-слесарных работ, что в практике любителя имеет немаловажное значение. Это вспомогательное помещение с площадью $3 \times 1,9$ м было пристроено с северной стороны к самому павильону, а его верхняя часть послужила опорой для выступающих назад концов рельсов, по которым откатывается крыша.

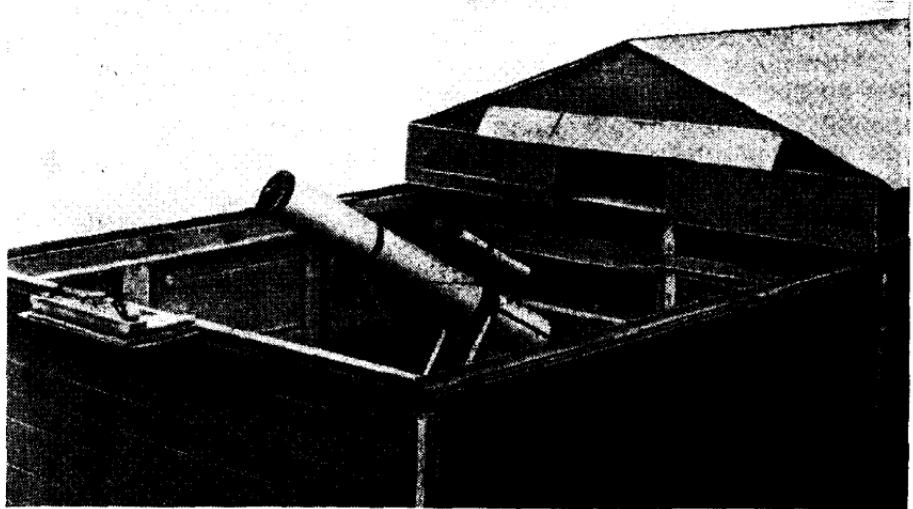
вспомогательным помещением. Его основу составили 14 брусьев 2 сечением 150×75 мм, укороченных до 2,5 м и вкопанных вертикально в землю по периметру всего сооружения на глубину 60 см. Предварительно для предохранения от гниения нижние части их были просмолены. Такого же сечения брусья, закрепленные посредством простых шипов и гвоздей на верхних концах вертикальных брусьев в горизонтальном направлении вдоль длины павильона, послужили основанием для укрепления на них рельсов 3 под крышу.

Доски для пола павильона настилались на горизонтальные брусья сечением 10×5 см, пришитые гвоздями к соответствующим вертикальным брусьям на высоте 80 см от поверхности земли, и для большей прочности в средней части подпирались специальными стойками 4.

Затем готовый каркас снаружи был обшит досками. Вход в павильон был предусмотрен через дверь 5 вспомогательного помещения и небольшую лестницу 6 внутри него.

В качестве рельсов для откатывания крыши были использованы два куска улового железа длиной 5 м каждый. Для предотвращения опрокидывания снизу под основание каждого из них в нескольких местах по длине было наварено несколько небольших металлических пластин из 5-миллиметрового железа, снабженных отверстиями для крупных гвоздей. Рельсы были уложены сверху на горизонтальные балки и надежно закреплены на них 5-дюймовыми гвоздями.

Изготовление подвижной крыши павильона началось со сборки основания ее каркаса. Оно было собрано из четырех трехметровых брусьев сечением 150×75 мм, из которых была составлена квадратная рама. Для соединения частей этой рамы использовались металлические уголники с отверстиями и стяжные болты М-10 с гайками и шайбами (фиг. 2, б). После закрепления переднего бруса средняя часть его была выпиlena, а обе крайние части были прочно связаны полосой углового железа с отверстиями и стяжными болтами М-8 (фиг. 2, в). Сделано это было для того, чтобы труба телескопа не препятствовала откатыванию крыши перед наблюдениями. С этой же целью и сам передний брус располагается выше уровня рамы. (В нерабочем положении образовавшийся таким образом вырез в передней части крыши закрывается специальным щитом на шарнирах.) С нижней стороны на продольные боковые брусья основания каркаса крыши при помощи шурупов крепились щеки обойм-вилок для роликов, сваренные из полос 5-миллиметрового железа. При этом передняя пара роликов крепилась вблизи южного края крыши, а задняя на расстоянии 115 см от ее северного края. Такое расположение роликов позволило при общей длине крыши свыше 3 м и длине рельсов только 5 м откатывать крышу назад на расстояние до 3 м.



Фиг. 4. Вид павильона сверху

(фиг. 3). Ролики толщиной 3 см с желобом глубиной и шириной 1 см были выточены из стальной болванки и имели наружный диаметр 10 см. Большой диаметр роликов значительно уменьшил трение качения и позволил перемещать крышу по рельсам со сравнительно небольшим усилием. Ролики крепились в щеках обоймы с помощью болтов М-10 (с гайками), одновременно предназначенных выполнять роль осей (фиг. 3, а).

Верхняя часть каркаса крыши была собрана из брусьев сечением 75×50 мм, скрепленных попарно между собой простыми шипами и гвоздями. Нижней частью они при помощи гвоздей крепились к боковым частям рамы (фиг. 3, б). Затем каркас крыши был со всех сторон обшит 2-сантиметровыми досками. Снаружи крыша была покрыта тонким листовым кровельным железом. Боковые щели между рельсами и основанием крыши были прикрыты длинными полосками оцинкованного железа, прикрепленными к основанию крыши гвоздями (в виде свисающих вниз козырьков).

Крыша вспомогательного помещения (фиг. 1, 7) сделана с небольшим наклоном назад из 2-сантиметровых досок, положенных на три горизонтальных бруса.

Внутри павильона в его стенку, примыкающую к вспомогательному помещению, вделана широкая и длинная двухъярусная полка для хранения окуляров и других принадлежностей (фиг. 1, 8).

Снаружи крыша и стены павильона (фиг. 4) были покрашены, а к павильону подведен ток от сети с напряжением 220 в.

Внутри павильона в разных местах были поставлены три розетки и подвешен осветитель с выключателем.

Имевшийся в распоряжении автора маленький трансформатор во время наблюдений использовался для питания лампочки от карманного фонарика. Эта лампочка вместе с небольшим защитным козырьком смонтирована на карандаше и употребляется для подсветки при записях и зарисовках.

Астрономический павильон — совершенно необходимое дополнение к достаточно сильному телескопу. Любитель астрономии, сумевший создать своими руками телескоп, безусловно, сможет построить для него и павильон.

Автор выражает глубокую благодарность Э. Вамбольду за помощь в постройке павильона.

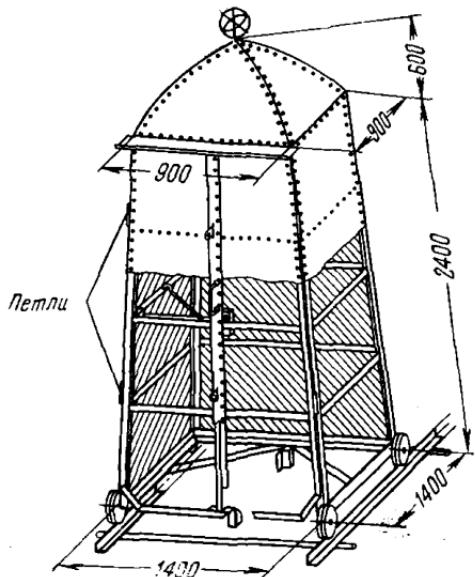
Откатная будка для телескопа

И. Т. Зоткин

Для проведения систематических астрономических наблюдений даже с небольшим инструментом необходимо построить павильон или иное укрытие для хранения телескопа. В практике работы астрономического кружка Московского планетария часто используются небольшие телескопы: 3-дюймовый рефрактор Цейсса, 5-дюймовый самодельный рефлектор и 8-дюймовый телескоп Максутова. Для укрытия подобного рода инструментов оказались удобными небольшие откатывающиеся будки.

Откатная будка, помимо очевидной простоты изготовления, имеет целый ряд преимуществ перед закрытым павильоном. Это, во-первых, значительное свободное пространство вокруг телескопа, на котором размещается большая группа наблюдающих. В условиях массовых демонстраций астрономических объектов (например, зарисовка Солнца на экране) указанное соображение может оказаться решающим. Открытое размещение телескопа удобно также для выполнения всех манипуляций, связанных с перекладкой, наведением и т. п. Немаловажное достоинство будки — ее транспортабельность: будку можно погрузить на машину и без труда перевезти на новое место.

Откатывающееся укрытие, каким является описываемая будка, наиболее удобно для инструментов небольшой высоты: рефлекторов с оптической системой Ньютона, менисковых телескопов, а также цеплостатов, астро-геодезических приборов и т. п. Для высоких инструментов, например для 5-дюймового рефрактора с немецкой монтировкой, откатная будка превращается в громоздкое тяжелое сооружение. Малопригодно убирающееся укрытие и в том случае, когда около телескопа необходимо постоянно разместить сложное оборудование, например электроизмерительные, спектральные или иные чувствительные



Фиг. 1. Устройство каркаса откатной будки

приборы. Однако, в практике работы любителей с небольшими инструментами это случается не часто.

Будка, показанная на фиг. 1, сконструирована и построена Р. И. Цветовым. Эксплуатация в течение более чем десяти лет на астрономической площадке Московского планетария, в парках, на школьных дворах показала ее высокую надежность и практичность при самом интенсивном использовании. Стоимость откатной будки невелика. Изготовление ее также

довольно просто, так как требует по существу только сварных работ.

Еще одним достоинством будки, которую мы рекомендуем вниманию любителей, является ее удачное архитектурное решение. Представляя собой по существу железный ящик, она имеет форму, гармонирующую с телескопом, и хорошо смотрится рядом с другими астрономическими сооружениями.

Размеры, приведенные на фиг. 1 и 2, соответствуют примерно 3-дюймовому рефрактору на немецкой параллактической установке и, конечно, не являются обязательными. В зависимости от конкретных задач, условий и материалов они могут быть изменены.

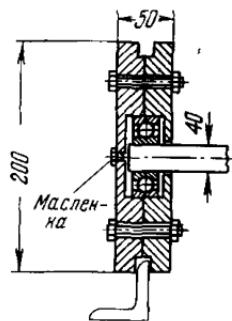
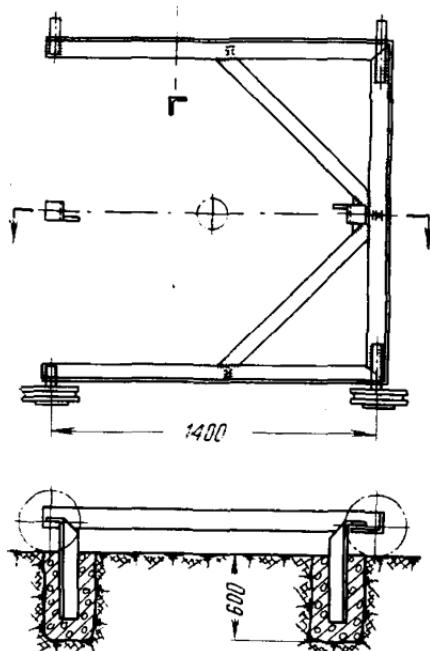
Основной каркас будки сваривается из стального уголка 35×35 мм, а каркас дверей — из аналогичной полоски. Вполне допустимо сделать каркас из полудюймовой водопроводной трубы: такие случаи в нашей практике также бывали. Более массивного каркаса не требуется, так как необходимую жесткость сооружению придает обшивка, для которой лучше всего применять стальной лист толщиной 1 мм. Обшивка прикрепляется к каркасу заклепками и, где необходимо, обгибаются. Следует отметить, что приваривать обшивку нельзя: тонкие листы обязательно «поведут». Чем тщательнее производится клепка, тем лучше будка предохраняет от дождя. С этой же целью над дверями устраивается козырек.

Двери навешиваются на петлях, приваренных или привинченных к каркасу. Левая створка в закрытом состоянии закреп-

ляется накидным крюком, а правая запирается на внутренний и висячий замки.

Основание шасси будки (фиг. 2) приходится делать более массивным, например из уголка 80×80 мм. Оно имеет П-образную форму и укреплено укосинами. К углам рамы шасси приварены оси четырех катков.

Каток, показанный на фиг. 2 и состоящий из скрепленных болтами двух половин с запрессованным внутри шариковым подшипником, не является единственным конструктивным решением. Изго-



Фиг. 2. Разрез катка и устройство шасси со стопорами

тавлялись также катки с одной ребордой и монолитные. Однако колесо с пазом движется по рельсу более устойчиво. Наиболее существенно для катков — их защита от коррозии. Катки работают под открытым небом круглый год, в результате чего подшипники ржавеют. Поэтому подшипники должны быть набиты тавотом или иным густым маслом. Необходимо также предусмотреть масленку для регулярной смазки.

Одним из наиболее важных элементов устройства откатной будки являются упоры, заделанные в землю. Они представляют собой металлические столбики, передний из которых загнут вперед, а задний — назад. Когда будка накатывается на телескоп, задний упор заходит за кромку шасси (фиг. 2), а передний, в свою очередь, заходит за специальный выступ на створках дверей (фиг. 1). Таким образом, при закрытых дверях будку невозможно сдвинуть ни вперед, ни назад. Нельзя ее и приподнять или наклонить даже преднамеренно.

Стопоры изготавливаются из достаточно крупного уголка или полосы. Они бетонируются в землю на глубину не менее полу-

метра. Очевидно, что они устанавливаются в последнюю очередь, когда будка уже поставлена на рельсы, а телескоп — на свою колонну или тумбу.

Рельсы, по которым откатывается будка, делаются из уголка, **уложенного ребром вверх на уровне земли**. Они укладываются на небольшие заглубленные в грунт шпалы и прибиваются маленькими костылями, если шпалы деревянные, или привариваются, если шпалы металлические. Длина рельсов выбирается в зависимости от местных условий. Обычно достаточно 6—8 м. Желательно только, чтобы будка откатывалась на север, оставляя южный горизонт открытым.

Поскольку металлическая будка постоянно находится на улице, она тщательно грунтуется и окрашивается как снаружи, так и внутри. Доступной и надежной краской служит алюминиевая нитроэмаль, которая, кстати, в летнее время уменьшает нагрев будки.

Инструменты для наблюдения солнечных протуберанцев

М. Алексеску, В. Бойко

Солнечные протуберанцы, одно из величественных явлений природы, представляют значительный интерес для наблюдений, в особенности, если иметь в виду их сравнительно быструю изменчивость. Это чрезвычайно привлекает любителей астрономии.

К сожалению, эти наблюдения требуют специальной аппаратуры, не доступной для любителей. Однако любитель может построить соответствующие инструменты и вести наблюдения солнечных протуберанцев. Нами были построены два различных типа инструментов для наблюдения протуберанцев — спектрископ и инструмент типа коронографа.

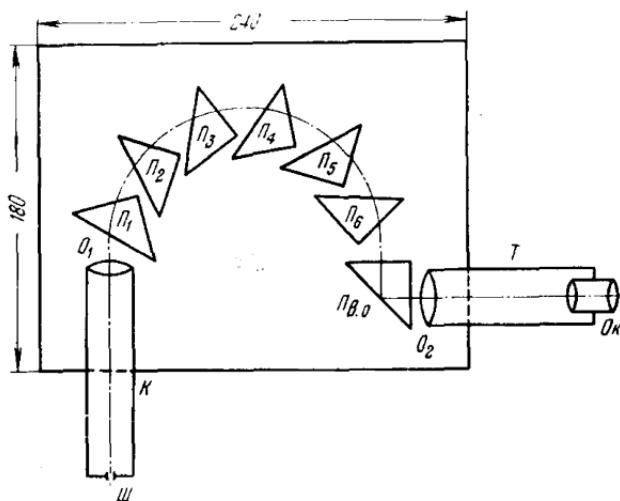
Что касается спектрископа, то оказалось, что его можно довольно легко построить любительскими средствами и получить положительные результаты (фиг. 1).

В нашем распоряжении находились различные детали призматических биноклей. Они были использованы следующим образом.

На основании, сделанном из фанеры (прямоугольник 18×24 см), мы расположили шесть призм с полным внутренним отражением (использовались углы в 45°) по ходу лучей. Каждую следующую призму мы устанавливали, наблюдая отклоненное изображение какого-либо объекта, в нашем случае электрической лампочки. Шесть призм, установленных на минимальное отклонение лучей, при котором изображение получается резким, дают в итоге отклонение лучей на 180° . После того как все призмы были установлены и закреплены полосками жести, перед первой призмой была укреплена трубка, в которую со стороны призм был вставлен один из объективов от призматического бинокля (диаметр 30 мм, фокусное расстояние 120 мм). С другого конца трубы (наружного) была установлена в фокусе объектива щель, образованная двумя лезвиями от безопасной брит-

вы, расположенные параллельно на расстоянии 0,2—0,4 мм. Длина щели 5—8 мм. Таким образом, была получена щель постоянного размера. (Щель располагается параллельно преломляющим ребрам призм.)

Другой объектив бинокля и один из окуляров были использованы для изготовления зрительной трубы. Она также была прикреплена к основанию против последней призмы с таким



Фиг. 1. Схема протуберанц-спектроскопа

K — коллиматор; *Щ* — щель; *O₁* — объектив коллиматора; *P₁*—*P₆* — призмы; *P_{в.о.}* — призма полного внутреннего отражения 90°; *T* — зрительная труба; *O₂* — объектив зрительной трубы; *Ok* — окуляр

расчетом, чтобы при наблюдении через окуляр (сфокусированный на бесконечность) можно было видеть спектр.

Для удобства наблюдений спектра между последней призмой и объективом зрительной трубы была установлена призма с полным внутренним отражением, которая отклоняла лучи на 90°.

Юстировка спектроскопа производится при наблюдении фраунгоферовых линий поглощения в спектре, даваемом рассеянным солнечным светом. Сначала, передвигая окуляр, стараемся получить в спектре резкие линии поглощения. Затем, изменяя понемногу направление трубок (в первую очередь зрительной трубы, а в некоторых случаях и призм), приводим красную часть спектра в поле зрения окуляра.

Для получения хороших результатов спектроскоп должен давать достаточную дисперсию, чтобы ослабить фон спектра, на котором впоследствии будут наблюдаваться протуберанцы. Можно считать достаточной дисперсию, при которой линия на-

трия в желтой части спектра (так называемая линия D) раздваивается.

Чтобы точно установить, где находится линия натрия, можно наблюдать спектр излучения натрия, направив щель спектроскопа на пламя газовой горелки, в которое на проволочке или пластинке введено небольшое количество поваренной соли.

После того как определено положение линии натрия, можно, пользуясь схемой солнечного спектра, найти и другие фраунгоферовы линии, в частности красную линию водорода (H_{α}), которая должна быть приведена в центр поля зрения. Все места, через которые в спектроскоп может проникнуть посторонний свет, закрываются черной бумагой.

Теперь спектроскоп готов для использования его при наблюдениях в телескоп. Спектроскоп прикрепляется таким образом, чтобы щель была видна снаружи; в то же время плоскость щели должна быть расположена в фокусе объектива или зеркала.

Спектроскоп, построенный в соответствии с описанием, сначала был прикреплен к трубе, объектив которой имел диаметр 72 мм при фокусном расстоянии 1 м. Труба имела азимутальную установку.

Располагая щель спектроскопа, которая находилась в фокусе объектива, касательно к краю диска Солнца, удавалось иногда наблюдать красную линию водорода H_{α} обращенной, т. е. фраунгоферова линия поглощения в спектре Солнца становилась более яркой, чем остальной фон спектра. Это означало, что в щель спектроскопа попадало изображение протуберанца.

Азимутальная установка и отсутствие часового механизма делали эти наблюдения очень затруднительными, причем можно было наблюдать только очень яркие протуберанцы. Когда спектроскоп прикрепили к рефрактору (фиг. 2) (диаметр объектива 150 мм, фокусное расстояние 2650 мм) Народной обсерватории Бухареста на экваториальной установке, снабженной часовым механизмом, положение сразу изменилось — стали возможны наблюдения всех протуберанцев и даже хромосферы. Постоянная щель была заменена щелью с переменной шириной. Это усовершенствование позволило наблюдать в расширенную щель (до 0,7 мм) форму протуберанцев и делать зарисовки. В некоторых случаях были видны очень эффектные эруптивные протуберанцы, которые за несколько минут изменяли свою форму.

Для уменьшения рассеяния света призмы от бинокля были заменены тремя призмами из тяжелого флинта с углом 60°. Призмы прямого зрения (две или лучше три) также дают возможность построить очень хороший и компактный спектроскоп.

При наблюдениях солнечных протуберанцев с помощью спектроскопа при узкой щели (0,1 мм) получаются контрастные изображения и видны слабые детали, но при этом можно наблю-



Фиг. 2. Спектроскоп, прикрепленный к 150-миллиметровому рефрактору Народной обсерватории в Бухаресте

дать только часть протуберанца (узенькую полоску); при расширенной щели контрастность изображения уменьшается, слабые детали не видны, но можно видеть сразу несколько более широкую полоску, а иногда и весь протуберанец в целом.

Пользуясь спектроскопом, бывает утомительно без специальных механических приспособлений обойти щелью, касательно к краю изображения Солнца, вокруг всего диска. Поэтому гораздо удобнее наблюдать протуберанцы с помощью спектрографа или инструмента типа коронографа.

Не имея возможности построить механическую часть спектрографа, мы построили инструмент типа коронографа. Основные элементы коронографа (фиг. 3) и их характеристика следующие:

O_1 — главный объектив, D_1 — диаметр главного объектива. В качестве объектива обыкновенно используется плоско-выпуклая линза из высококачественного оптического стекла с минимальным количеством пузырьков и свилей и очень хорошо отполированными поверхностями (для уменьшения рассеяния света). Можно применять и ахроматические объективы высокого качества. В литературе есть указания, что можно наблюдать протуберанцы коронографом с объективом в 63 мм. Светосилу объектива рекомендуется брать меньше $1/15$. Чтобы объектив не пылился и в него меньше проникал посторонний свет, его располагают в трубе на расстоянии, равном четырем-пяти его диаметрам от края трубы.

F_1 — фокусное расстояние объектива O_1 . Рекомендуется больше 1000 мм. Вполне приемлемо 1500 мм.

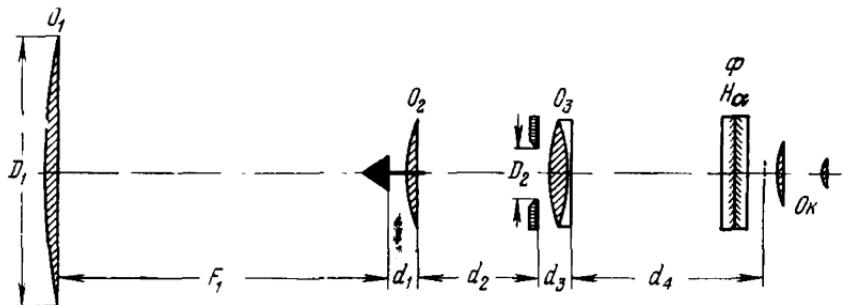
d_1 — расстояние между фокальной плоскостью объектива

O_1 и линзой поля O_2 . В фокальной плоскости расположена так называемая искусственная луна, которая должна закрывать изображение диска Солнца. Диаметр искусственной луны должен быть чуть больше диаметра изображения Солнца (на 0,1—0,2 мм). Если фокусное расстояние больше 1500 мм, нужно учитывать, что угловой диаметр Солнца изменяется. Поэтому некоторые наблюдатели ставят зимой искусственную луну чуть большего размера, чем летом. В своем приборе мы этого не делали.

Для расчета диаметра изображения Солнца I_1 в фокусе главного объектива применяется формула

$$I_1 = 0,0093 F_1.$$

Искусственная луна может быть различной формы, но она должна отражать солнечные лучи таким образом, чтобы они не создавали в инструменте лишнего рассеяния света. Мы использовали конус с углом у вершины около 90° . Конус был сделан из хромированной отполированной стали и прикреплен на ножке, которая в свою очередь была укреплена в отверстии, просверленном в центре линзы поля. Чтобы линза поля не перегревалась во время наблюдений Солнца, конус нужно немного отодвинуть от нее (на 10—50 мм, лучше поместить его как можно ближе к линзе; расстояние устанавливается опытным путем, начиная с 50 мм).



Фиг. 3. Схема коронографа

O_2 — линза поля, плоско-выпуклая, с отверстием в центре для укрепления искусственной луны. Диаметр линзы поля равен 2—3 диаметрам искусственной луны.

F_2 — фокусное расстояние линзы поля (120—200 мм).

d_2 — расстояние от линзы поля O_2 до изображения объектива O_1 , которое дает линза O_2 .

D_2 — диаметр изображения главного объектива O_1 , построенного линзой поля на расстоянии d_2 от нее. Точно в этом месте располагается диафрагма (можно применять ирисовую диафрагму

му с металлическими лепестками от фотоаппарата). Назначение диафрагмы — срезать дифракционную картину окружности главного объектива и тем уменьшить рассеяние света. Отверстие диафрагмы D_2' должно составлять 0,8—0,3 от диаметра D_2' изображения главного объектива, которое получается на этой диафрагме. Если диафрагма постоянная, ее величина подбирается при юстировке инструмента.

d_3 — расстояние между диафрагмой и объективом O_3 , который служит для получения изображения края Солнца или, что же самое, края искусственной луны. Наблюдение ведется при помощи окуляра O_k .

F_3 — фокусное расстояние объектива O_3 (50—150 мм).

d_4 — расстояние от объектива O_3 до изображения искусственной луны, которое дает этот объектив.

F_0 — эквивалентное фокусное расстояние системы.

I_0 — диаметр изображения Солнца, даваемого всей оптической системой.

I_1 — диаметр изображения Солнца в фокусе главного объектива O_1 .

Применяя элементарные формулы и вводя некоторые упрощения, получаем следующие формулы для приближенного расчета расстояний между оптическими элементами коронографа:

$$d_2 = \frac{(F_1 + d_1) F_2}{F_1 + d_1 - F_2};$$

$$D_2 = \frac{D_1 d_2}{F_1};$$

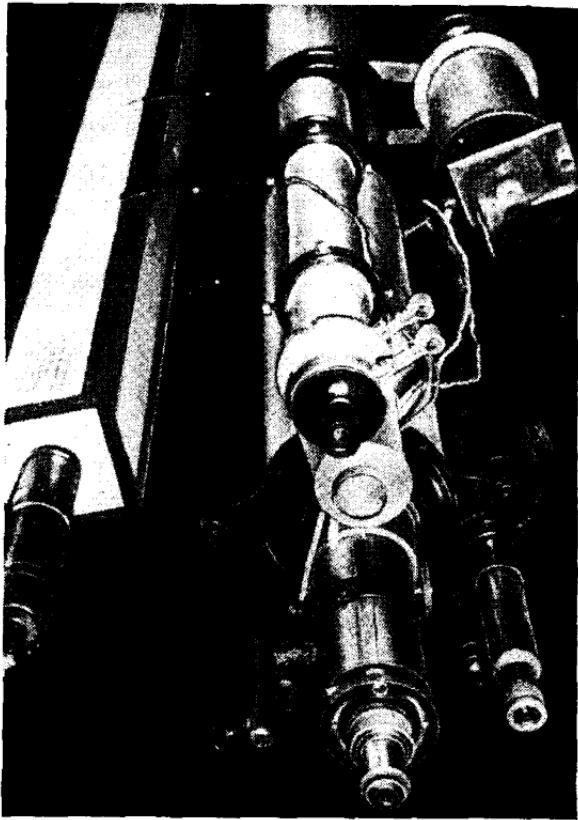
$$d_4 = \frac{(d_1 + d_2 + d_3) F_3}{d_1 + d_2 + d_3 - F_3};$$

$$I_1 = 0,0093 F_1;$$

$$F_0 = \frac{d_4 F_1}{d_1 + d_2 + d_3};$$

$$I_0 = \frac{d_4 I_1}{d_1 + d_2 + d_3} \quad \text{или} \quad I_0 = 0,0093 F_0.$$

Несмотря на принятые нами предосторожности, рассеянный свет не позволяет наблюдать протуберанцы без применения светофильтров. Для этой цели используются красные светофильтры (типа применяемых для фотоаппаратов), которые отрезают спектр со стороны более коротких волн до красной линии водорода (H_α). Можно применять красный фильтр фирмы Шотт (ГДР), марка RG₂. При очень чистом небе можно получить удовлетворительные результаты. Но гораздо лучше и вернее применять широкополосные интерференционные фильтры. Нами

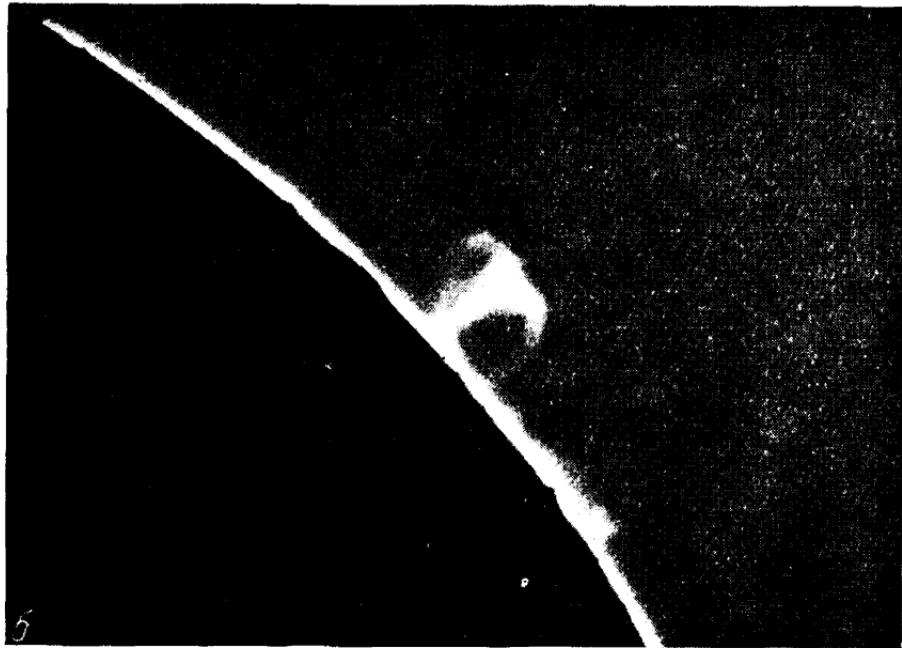


Фиг. 4 Коронограф (четырехугольная труба), прикрепленный к рефрактору

были использованы фильтры фирмы Шотт или Цейсс (ГДР) SIF-656, т. е. специальные интерференционные фильтры, центрированные на длину волны 656 мк, соответствующую красному излучению водорода, в свете которого протуберанцы наиболее заметны. При использовании двух таких фильтров, сложенных вместе отражающими сторонами наружу, протуберанцы видны еще яснее.

Светофильтры располагаются перед окуляром O_k . ($\varnothing 20 \text{ mm}$).

Юстировка инструмента ведется в следующем порядке. Сначала собираем отдельно от объектива O_1 оптические части коронографа, располагая их на расстояниях, вычисленных по приближенным формулам. Потом, смотря в окуляр и передвигая его, добиваемся получения резкого изображения края искусственной луны. Если изображение искусственной луны слишком большое, нужно увеличить расстояние d_3 , если, наоборот,



Фиг. 5. Протуберанец, наблюдавшийся 13 сентября 1963 г.
а — 7 час. 38 мин. мирового времени; б — 8 час. 08 мин. мирового времени

оно мало, то нужно придвигнуть объектив O_3 почти вплотную к диафрагме, положение которой нельзя менять.

После этого собираем весь инструмент и наблюдаем Солнце. Передвигая уже отьюстированную часть коронографа по отношению к объективу O_1 , добиваемся, чтобы край Солнца и край искусственной луны были видны одинаково резко. Теперь, закрыв Солнце искусственной луной, изменяем величину диафрагмы D_2 и наблюдаем край искусственной луны, чтобы увидеть, нет ли где-нибудь протуберанца.

Инструмент, который был нами построен, имеет следующие характеристики (мм):

$$\begin{array}{lll} D_1 = 125 & D'_2 = 11,27 & d_1 = 47 \\ F_1 = 1750 & D_2 = 8 \div 6 & d_2 = 157,7 \\ F_3 = 80 & I_1 = 16,25 & d_3 = 2 \\ F_0 = 1100 & I_0 = 10,2 & d_4 = 130,5 \end{array}$$

Труба инструмента четырехугольная, сделана из фанеры, внутри покрашена черной матовой краской, а снаружи белой. Объектив расположен на расстоянии 500 мм от края трубы (фиг. 4). Остальные части расположены в металлических трубках, которые можно передвигать одну относительно другой для точной юстировки. С окуляром от бинокля с фокусным расстоянием 20 мм получается увеличение в 55 раз и можно наблюдать сразу весь край Солнца.

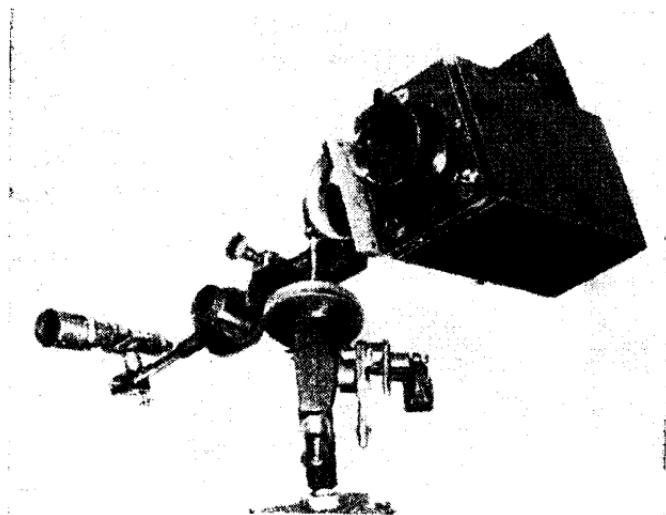
Помещая вместо окуляра фотоаппарат типа «Зенит» (без объектива или с объективом), можно фотографировать протуберанцы. Панхроматическая пленка чувствительностью в 23DIN требует выдержки $1/250 - 1/1000$ сек при диаметре изображения Солнца на пленке 10,3 мм. Можно также фотографировать с окуляром. При этом протуберанцы получаются в большом масштабе. Конечно, в этом случае увеличивается выдержка. На фиг. 5, а и б видны быстрые изменения протуберанца, наблюдавшегося 13 сентября 1963 г., соответственно в 7 час. 38 мин. и 8 час. 08 мин. по мировому времени.

Несколько замечаний о любительской астрофотографии

А. Б. Палей

На астрономических обсерваториях снимки звездного неба получают главным образом с помощью длиннофокусных инструментов. В этом случае получение высококачественных снимков сопряжено с большими трудностями, так как большой масштаб инструмента заставляет считаться с малейшими неточностями установки полярной оси, с неравномерностями хода часового механизма, с колебаниями параллактической монтировки и даже с дрожанием звезд.

Разумеется, большие инструменты совершенно недоступны любителям ввиду их высокой стоимости и громоздкости. Если же поставить перед собой сравнительно скромную задачу полу-



Фиг. 1. Самодельный астрограф с объективом «Индустар-13»

чения на снимках лишь звезд до 12—13-й звездной величины с основной целью изучения переменных звезд, то можно воспользоваться широкоугольными короткофокусными объективами. Астрограф, построенный на базе такого объектива, недорог и прост в обращении, однако на нем можно получать весьма качественные фотографии звездного неба.

В Ивановском государственном педагогическом институте им. Д. А. Фурманова нами уже два года ведется фотографирование звездного неба на самодельных астрографах (фиг. 1).

В задачи настоящей статьи не входит описание методики изготовления астрографа и работы с ним. Эти вопросы в основном, хотя и разрозненно, освещены в литературе [5—9]. Здесь мы хотим коснуться лишь отдельных вопросов любительской астрофотографии.

1. О камере астрографа

Во всех руководствах по астрофотографии обращают внимание на жесткость конструкции камеры, причем камеру рекомендуют собирать на каркасе из углового железа. Но, как выяснилось, металлический каркас совсем не обязателен. Камеры наших астрографов с объективами «Индустар-13» изготовлены из семислойной фанеры. Все стенки корпуса собраны на шипах и склеены столярным kleem. Передняя и задняя части камеры тую обтянуты жестяной лентой, которая прибита к корпусу маленькими гвоздями. Такая камера очень прочна и в то же время имеет небольшой вес.

Далее хотелось бы обратить внимание на светонепроницаемость корпуса, которая совершенно необходима в условиях любительской съемки, когда поблизости от астрографа обычно имеются источники света. С этой целью корпус оклеивается снаружи и изнутри плотной черной бумагой. Головки винтов, которыми камера крепится к несущей установке и которые находятся внутри камеры, также тщательно зачерняются сажей с kleem. К верхней стенке корпуса с кассетной его стороны прибивается полоска толстого черного сукна. Сукно должно выступать в сторону кассеты не менее чем на 0,5 см. Когда в камеру вставляется кассета, сукно отгибается и, прижимаясь к заслонке кассеты, надежно защищает внутренность камеры и фотопластинку от постороннего света. После юстировки астрографа щель между доской, несущей объектив, и корпусом заклеивается толстым черным картоном.

Поскольку изготовить большое количество кассет высокого качества очень трудно (кассеты должны быть совершенно одинаковыми), мы пользуемся обычными, имеющимися в продаже кассетами 9×12 см. Оказалось, что с ними вполне можно работать.

2. О монтировке астрографа

Для съемок с гидированием необходимо иметь экваториальную монтировку. В литературе [1, 10] даются описания самодельных экваториальных установок. Однако изготовление высококачественной установки — дело весьма хлопотное и далеко не простое. Поэтому мы предпочитаем использовать готовую экваториальную установку от школьного телескопа-рефрактора. С установки снимается труба, а на ее место крепится камера. Поскольку деревянный штатив этой установки не обладает необходимой жесткостью, от него пришлось отказаться. Лучше всего выложить кирпичную тумбу высотой около 1 м и 60×60 см в сечении, но, если нет такой возможности, можно обойтись и прочным столом. У нас, например, вместо тумбы используется железная бочка с толстым дном. Необходимо также изготовить (или подобрать) основание штатива. Мы в качестве такого основания используем подставку от трубы АТ-1. Основание обязательно опирается на тумбу тремя винтами, необходимыми для точной установки всей монтировки. В центре его ввинчивается и тщательно закрепляется ось штатива высотой около 0,5 м, верхний конец которой выточен аналогично заводской оси штатива телескопа-рефрактора, несущей параллактическую головку монтировки.

Следует отметить, что заводская экваториальная головка обычно имеет люфты как вокруг часовой оси, так и вокруг оси склонений. Особенно это касается люфтов по склонению. Поэтому перед креплением на монтировку камеры астрографа головку надо основательно перебрать и тщательно устранить люфты. Конечно, полностью устранить люфт по часовой оси нельзя, так как тогда для поворота астрографа вокруг нее потребовалось бы очень большое усилие. Но все же этот люфт надо уменьшить настолько, насколько это позволит осуществлять гидирование без больших усилий.

Кроме того, необходимо позаботиться о том, чтобы астрограф при всех отпущеных зажимных винтах находился в положении безразличного равновесия. Поэтому прежде чем крепить камеру на установке, надо отыскать центр тяжести камеры в ее рабочем положении, т. е. со снятой крышкой объектива и со вставленной кассетой, и укрепить камеру так, чтобы продолжение оси склонений проходило через центр тяжести камеры. Противоположную часть оси склонений надо удлинить. Центр тяжести всей системы приводится на полярную ось перемещением противовесов по насадке.

Несколько слов об установке полярной оси астрографа. В литературе [8] есть довольно подробное описание методики установки полярной оси по методу Шейнера. Однако, когда мы юстировали полярную ось астрографа, выяснилось, что самым

трудным и продолжительным во всей работе является процесс установки горизонтальной нити гида по суюточной параллели. Поэтому мы поступаем следующим образом: крест нитей лишь приблизительно устанавливаем так, чтобы одна нить шла по кругу склонений, а другая — по суюточной параллели. Затем звезду приводим на крест нитей и оставляем трубу неподвижной примерно в течение 5 мин. По прошествии этого времени трубу одним только движением по часовой оси (винт склонения в это время должен быть прочно зажат, и трогать его ни в коем случае нельзя!) снова приводим в поле зрения на нить, идущую по кругу склонений. Тогда сразу будет видно, осталась ли звезда на кресте нитей или отошла видимым образом по склонению вверх или вниз.

3. О гиде и гидировании

В работах [6, 10] описаны различные способы гидирования. Самым доступным из них мы считаем способ, при котором изображение звезды дефокусируется и получающийся при этом диск звездного изображения сам подсвечивает крест нитей. Впрочем, для упрощения процесса наводки гида мы пересекаем диск звездного изображения даже не крестом, а только нитью, идущей по кругу склонений, так как при малых экспозициях и малом масштабе камеры достаточно вести ее только по часовому углу и никакой корректировки по склонению не требуется.

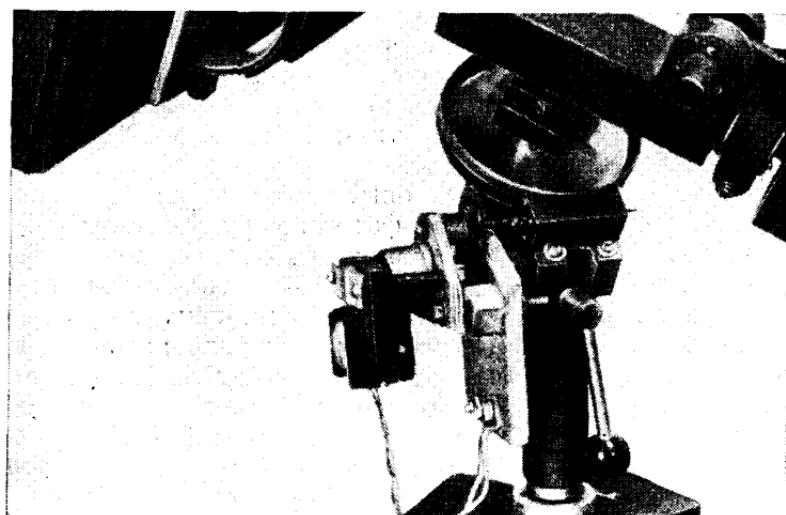
По поводу гида и гидирования хочется отметить следующее. Во-первых, нет никакой необходимости жестко скреплять трубу гида с камерой астрографа: камера легко наводится на избранную область неба просто по ее ребру. Трубу же гида лучше всего укрепить на удлинителе оси склонений, о котором говорилось выше. Тогда труба в механическом отношении будет играть роль части противовеса, что значительно снизит общий вес установки.

Во-вторых, как показывает опыт, для гидирования вовсе не обязательно выбирать звезду в фотографируемой области неба. Ввиду малого фокусного расстояния объектива (30 см) и малой продолжительности экспозиции (до 10—15 мин.), дифференциальная рефракция не скажется на качестве снимка даже в том случае, если звезду для гидирования выбрать в значительном отдалении от фотографируемого участка неба. Последнее обстоятельство имеет немаловажное значение, так как всегда можно выбрать звезду первой-второй звездной величины, расположенную вблизи экватора. Поэтому гидирующая труба крепится к оси склонений не наглухо, а с помощью шарнира. Это может быть обычная портативная струбцина для фотоаппаратов, но лучше взять, как это сделано у нас, шарнир от универсального лабораторного штатива.

В последнее время нами опробован новый, оригинальный способ гидирования двумя глазами. Для этого способа вообще не требуется никакого креста нитей. Заключается он в следующем. Если звезда находится на главной оптической оси объектива, то открытым вторым глазом (первым смотрим в трубу) мы увидим звезду в том же месте небесной сферы, где ее видят глаз, смотрящий в трубу. Если труба остается неподвижной, то, вследствие вращения небесной сферы, звезда, видимая не вооруженным глазом, будет смещаться в сторону суточного вращения небесной сферы, а звезда, видимая в трубе, будет смещаться в противоположную сторону. Это дает возможность производить гидирование, удерживая «обе звезды» вместе. Точность гидирования этим способом вполне достаточна для работы с короткофокусными астрографами.

4. Об автоматизации гидирования

Гидирование — самая ответственная часть производства снимка. В продолжение всей экспозиции наблюдателю надо держать звезду точно на нити. Обычно удовлетворительного качества гидирования наблюдатель добивается не ранее, чем произведет 5—10 снимков. Но в условиях морозной ночи, когда слезятся глаза и надо неподвижно простоять у астрографа 10—15 мин., получить качественный снимок даже опытному наблюдателю не так просто. Поэтому мы постарались автоматизировать процесс гидирования.



Фиг. 2. Часовой механизм астрографа

На астрономических обсерваториях обычно применяют центробежные часовые механизмы с гиревым приводом. Но там работают на длиннофокусных тяжелых инструментах и делают экспозиций порядка часа и выше. Для нашего же легкого астрографа оказалось достаточным применить в качестве ведущей и контролирующей частей часовогого механизма миниатюрный синхронный электродвигатель СД-2 мощностью всего в 15 вт. Он ведет червячный винт часовой микроподачи через дополнительный редуктор с восьмикратным замедлением. Таким образом, весь часовской механизм астрографа состоит из двигателя СД-2, двух зубчатых колес, составляющих редуктор, и корпуса, на котором крепятся все эти детали и который, в свою очередь, прикрепляется к экваториальной головке астрографа. При хорошем постоянстве частоты тока в электросети этот часовской механизм практически безошибочно ведет астрограф до 10 мин. При более длительных экспозициях или уходе частоты тока в электросети двигатель часовского механизма надо питать от звукового генератора (например, ЗГ-10). Изготовленный нами часовской механизм показан на фиг. 2.

Приводим два снимка звездного неба, полученных нами в Иваново (фиг. 3).

5. О съемке неподвижным астрографом

Почему-то считается, что научную ценность могут иметь лишь снимки, выполненные с гидированием. Хотя, несомненно, такие снимки предпочтительнее, снимки неба, выполненные неподвижным астрографом, также имеют вполне определенную научную ценность, так как позволяют уверенно определять относительный блеск переменных звезд по их следам. Правда, проницающая способность такого астрографа довольно низка и почернение трека существенно зависит от склонения звезды, но съемка неподвижным астрографом имеет и свои положительные стороны. Звездный трек невозможно спутать со случайным почернением фотоэмульсии, а применение коротких экспозиций порядка 1 мин. сведет фон неба до минимума и не позволит звездным трекам (в этом случае они будут совсем короткими) наползти друг на друга. Нам представляется совершенно очевидным, что те любители астрономии, которые не располагают экваториальной установкой, но имеют фотокамеру с фокусным расстоянием объектива 10—30 см, должны заниматься фотографированием неба этой камерой без гидирования, т. е. каждый раз неподвижно устанавливая ее на любом штативе. По технике выполнения такие снимки чрезвычайно просты, поэтому даже неподготовленный любитель астрономии, применяя высокочувствительные фотоматериалы, сможет получать на своих снимках качественные треки звезд до 8—9-й звездной величины.

Об одном частном случае юстировки полярной оси экваториала по методу Шейнера

А. Б. Палей

Правильная установка полярной оси экваториала — совершенно необходимое условие для получения высококачественных фотографий звездного неба, особенно при длительных экспозициях.

Существует несколько способов как грубой, так и точной установки полярной оси [11]. На практике обычно для определения неточностей установки используется метод Шейнера, при котором ошибки установки приводят к видимому уходу звезды по склонению. Однако в обычном виде этот метод определяет лишь качественную сторону установки по азимуту и высоте и заставляет производить точную юстировку методом последовательных приближений, что занимает немало времени.

Теория сферической астрономии дает формулу, по которой, измерив скорость ухода звезды в поле зрения по склонению, можно установить и величины ошибок установки:

$$\frac{d}{dt}(\Delta\delta) = \sin t \cdot \Delta\varphi + \cos t \cos \varphi \cdot \Delta A.$$

В этой формуле $\Delta\delta$ — величина ухода звезды по склонению; t — часовой угол звезды; φ — географическая широта места наблюдения; $\Delta\varphi$ — ошибка установки по широте (по высоте полюса); ΔA — ошибка установки по азимуту.

Сотрудник Крымской астрофизической обсерватории П. П. Добронравин в своей статье [12] предлагает провести несколько (около пяти) наблюдений звезд в различных часовых углах. Эти измерения позволяют составить, например, пять уравнений с двумя неизвестными, которые и определяются из системы этих уравнений по способу наименьших квадратов.

При наблюдении звезды в меридиане ($t=0$) исходное уравнение обращается в

$$\frac{d}{dt}(\Delta\delta) = \cos\varphi \cdot \Delta A.$$

Сразу видно, что при этом условии на уход звезды по склонению влияет только ошибка установки оси по азимуту.

При наблюдении же звезд в часовых углах $\pm 6^\circ$ исходное уравнение принимает вид:

$$\frac{d}{dt}(\Delta\delta) = \pm \Delta\varphi.$$

Здесь же на уход звезды по склонению влияет лишь ошибка в установке оси по широте.

Следовательно, достаточно провести два измерения скорости ухода звезды по склонению (в меридиане и в часовом угле $+6^\circ$ или -6°), чтобы в результате совершенно элементарных вычислений получить величины ошибок установки. Отмечая этот факт, П. П. Добронравин отказывается от его использования, мотивируя это тем, что для указанных измерений необходимо наблюдать звезду точно в меридиане и точно в часовом угле $\pm 6^\circ$. Такая аргументация представляется нам неубедительной по следующим соображениям: во-первых, не составляет никакого труда, зная долготу места наблюдения, заранее выбрать звезды для наблюдения и предвычислить для них время кульминации или прохождения ими часовых углов $\pm 6^\circ$ а во-вторых, при наблюдениях в различных произвольных часовых углах надо с не меньшей точностью знать значение часовых углов выбранных звезд во время наблюдения, так как эти значения должны входить в коэффициенты исходного уравнения. Правда, чем больше измерений мы произведем, тем точнее получим результат, однако на практике оказывается достаточным провести всего два измерения, так как мы берем промежутки времени, а не мгновенные значения. С другой стороны, пользуясь лишь двумя измерениями, мы максимально упрощаем вычислительную часть работы. Поэтому мы считаем, что для определения ошибок установки полярной оси экваториала лучше всего, используя метод Шейнера, производить всего два измерения: одно — в меридиане и одно — в часовом угле $+6^\circ$ или -6° .

Указанный метод был применен нами для определения ошибок установки полярной оси астрографа. После первого же исправления ошибок полярная ось оказалась установленной правильно, что было подтверждено самым строгим — фотографическим — методом.

Приведем здесь для примера результаты измерений и их обработки. Измерения производились окулярным микромет-

ром МОВ-1, промежуток времени брался равным 5 мин., причем наблюдение начиналось за 2,5 мин. до прохождения звездами заданных часовых углов и заканчивалось через 2,5 мин. после прохождения. Использовался гид с фокусным расстоянием объектива 800 мм.

Часовой угол, час	Линейное смещение, мм	Угловое смещение	Промежуток времени	Производная	Ошибка
0,0	+0,28	+4',20	75',0	+0,016	$\Delta A = 0,0294 \text{ rad.} = 1^{\circ}41'$
-6,0	+0,16	+0,69	75,0	+0,009	$\Delta \varphi = -0,009 \text{ rad.} = 0^{\circ}31'$

Следовательно, северный конец полярной оси надо повернуть к востоку на $1^{\circ}41'$ и опустить его на $0^{\circ}31'$.

Электронный привод к телескопу

В. А. Анохин

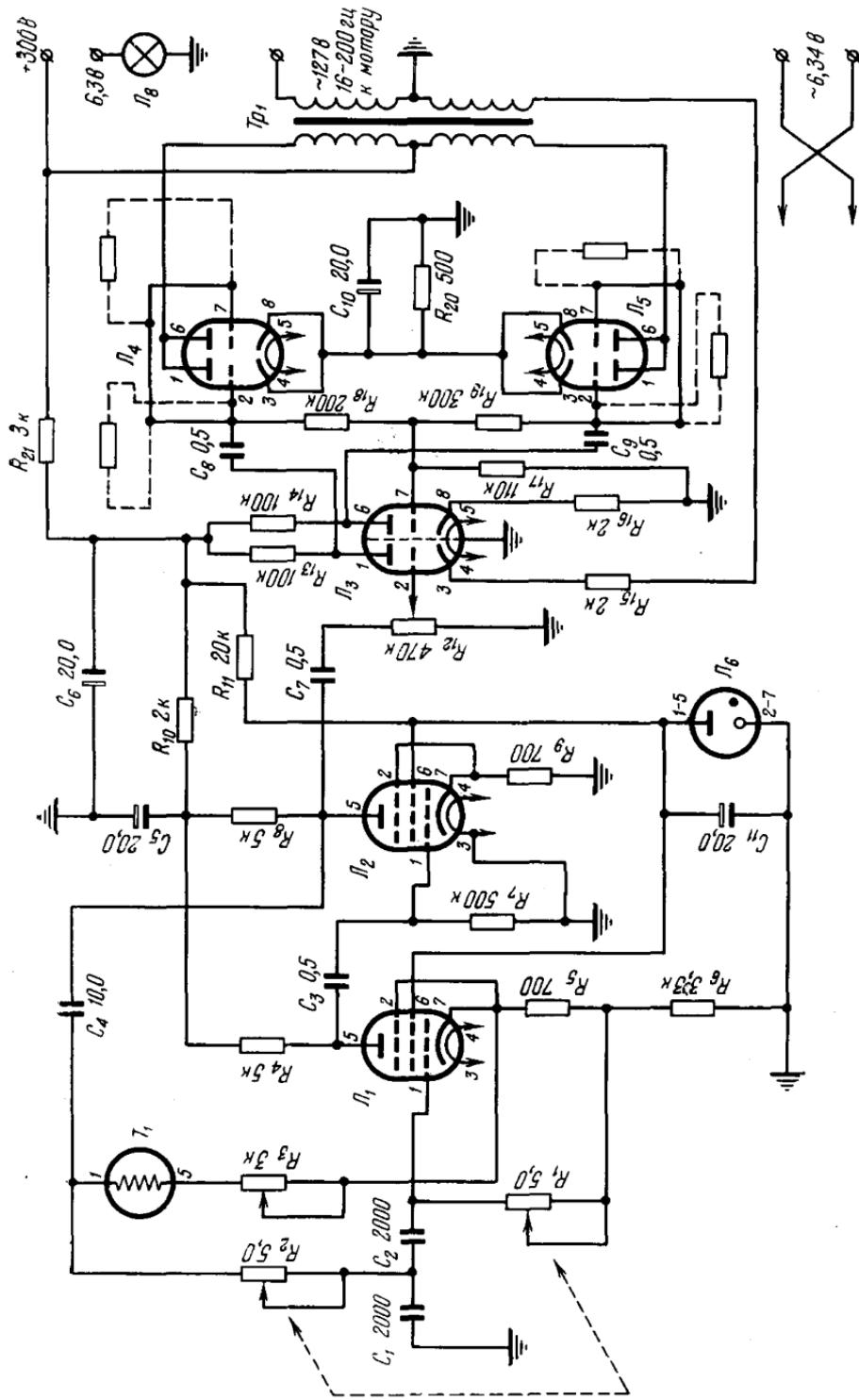
В статье описывается сравнительно простой электронный привод к телескопу, пригодный для фотографирования. Для ведения телескопа служит синхронный электродвигатель, скорость вращения которого определяется частотой питающего напряжения. Питание двигателя осуществляется от генератора, частота которого может изменяться от 16 до 200 гц.

Генератор питающего напряжения (фиг. 1) состоит из задающего генератора и усилителя низкой частоты (УНЧ). Задающий генератор собран на пентодах L_1 и L_2 . С целью повышения стабильности частоты в схему введена отрицательная обратная связь — сопротивление R_3 и термистор T_1 . Частота задающего регулятора регулируется сдвоенным переменным сопротивлением R_1 , R_2 . УНЧ состоит из фазоинвертора на лампе L_3 и двухтактного оконечного усилителя, собранного на лампах L_4 , L_5 типа 6Н6П.

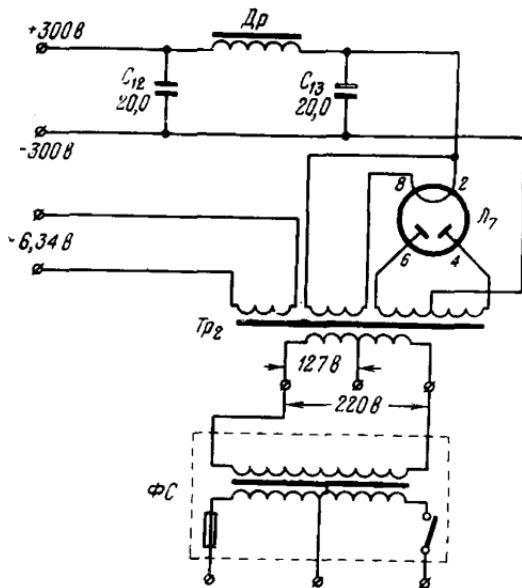
Напряжение, снимаемое со вторичной обмотки выходного трансформатора Tr_1 , подается на синхронный электродвигатель, служащий для ведения телескопа по часовой оси. Для регулировки напряжения, подаваемого на двигатель, применяется переменное сопротивление R_{12} на входе УНЧ.

Для питания анодных цепей генератора служит выпрямитель на кенотроне 5ЦЗС (фиг. 2). С целью сглаживания изменений напряжения сети применяется феррорезонансный стабилизатор напряжения.

Конструкция и детали. Генератор смонтирован на металлическом шасси и заключен в металлический кожух, экранирующий от наводок. Блок питания смонтирован на отдельном шасси и располагается не ближе 50 см от генератора. Общий вид блоков привода показан на фиг. 3 и 4. Данные деталей приведены на схемах.



Выходной трансформатор Tp_1 наматывается на железе И-20, толщина набора — 4,5 см. Первичная обмотка содержит две секции по 1200 витков провода диаметром 0,16 мм (лучше всего типа ПЭШО). Вторичная обмотка содержит 1200 витков такого же провода и, кроме того, 15 витков для отрицательной обратной связи. Вторичная обмотка наматывается между секциями

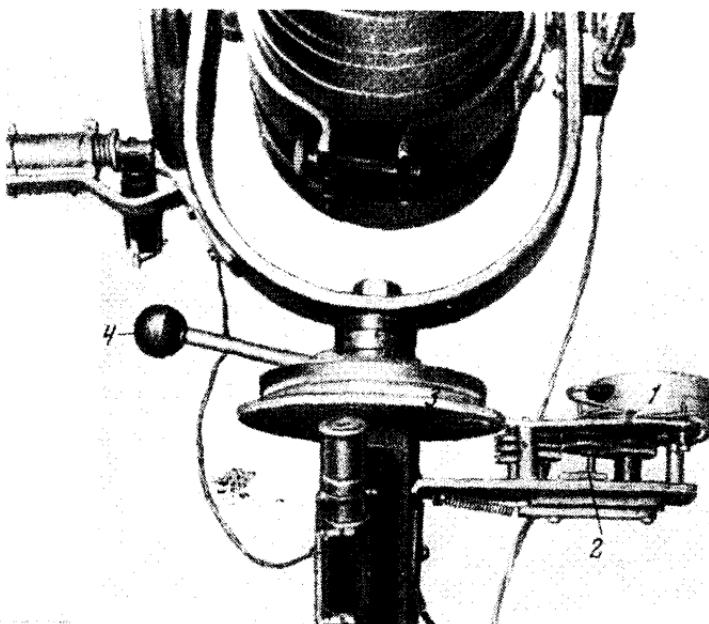


Фиг. 2. Схема блока питания

первичной. После намотки готовую катушку желательно погрузить на несколько минут в расплавленный парафин с температурой 80—90° С. Провода, идущие от обмотки накала ламп (6, 3 в), должны быть свиты вместе и один из них присоединен к шасси (заземлен).

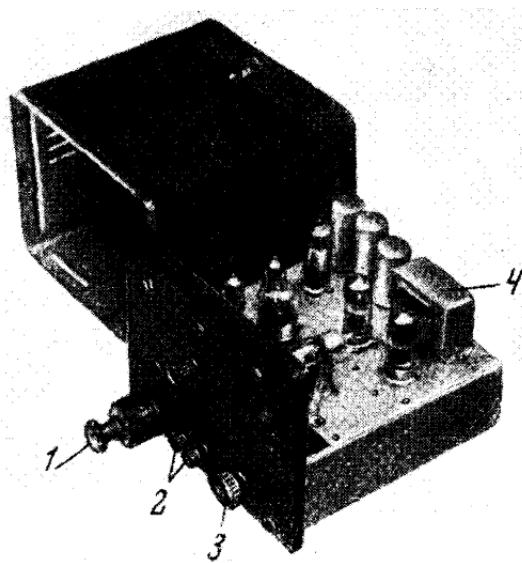
Мощность силового трансформатора Tp_2 должна быть не менее 80 вт. Можно использовать без переделки силовые трансформаторы от приемников «Минск», «Беларусь», «Октябрь», «Мир», «Урал». Феррорезонансный стабилизатор напряжения — любой из применяемых для питания телевизоров.

Наиболее ответственные части привода — это редуктор и двигатель. Автор применил редуктор и двигатель (фиг. 3) от лентопротяжного устройства электронного самозаписывающего потенциометра. Эти потенциометры (ЭПД; ЭПП и др.) широко применяются в промышленности. Можно применить редуктор и двигатель других типов. Передаточное число редуктора должно быть таким, чтобы двигатель работал вблизи своей нормальной рабочей частоты.



Фиг. 3. Редуктор и двигатель

1 — двигатель; 2 — редуктор; 3 — главная шестерня; 4 — ручка включения телескопа



Фиг. 4. Генератор со снятой крышкой

1 — ручка регулятора частоты; 2 — выходные клеммы; 3 — ручка регулятора мощности; 4 — трансформатор T_P

Налаживание. Прежде всего надо убедиться в наличии питания (с помощью вольтметра). Если после прогрева ламп усилитель начнет генерировать (генерация обнаруживается по характерному свисту в выходном трансформаторе), нужно поменять концы, идущие от первичной обмотки выходного трансформатора к анодам ламп L_4 и L_5 . (Для улучшения устойчивости оконечного усилителя следует в сеточные цепи каждого из оконечных триодов включить сопротивление величиной 100—500 ом, как показано на фиг. 1 штриховой линией.—*Прим. ред.*) После этого нужно измерить напряжение на электродах ламп высокомным вольтметром. Измеренные напряжения не должны отличаться от приведенных в таблице более, чем на 20%. В противном случае схему необходимо проверить.

Напряжения на электродах ламп, измеренные по отношению к «земле»

Обозначение и тип лампы	Напряжение на аноде, в	Напряжение на экранной сетке, в	Напряжение на катоде, в
L_1	+200	+150	+12
L_2	+170	+150	+ 3
L_3	+140	--	+ 6
L_4, L_5	+200	--	+13

Приведя напряжения к табличным (сменой сопротивлений, ламп и т. д.), можно приступить к наладке. Подключив к выходу УНЧ нагрузку (лампочку на 127 в, 15 вт или двигатель, который будет вести телескоп) и установив ось переменного сопротивления R_{12} в положение наибольшего усиления, изменением величины сопротивления R_3 добиваемся максимального напряжения на нагрузке во всем диапазоне частот. Наладку можно считать законченной, если при частоте 20 гц напряжение на нагрузке составляет около 80 в, а при частоте 200 гц — около 130—150 в. После этого ось переменного сопротивления R_3 фиксируется лаком.

При фотографировании полезно поставить в цепь синхронного двигателя кнопочный выключатель. Частоту генератора следует выбрать так, чтобы телескоп, наведенный на объект, шел с небольшим опережением, и время от времени останавливать двигатель кнопкой, следя в телескоп-гид за тем, чтобы объект не перемещался в поле зрения.

Для иллюстрации приводим фотографию туманности Ориона, сделанную при выдержке 45 мин. с помощью описанного привода без гидрования от руки (фиг. 5).

Перечень использованных деталей

L_1 — 6Ж5П	R_1, R_2 — 5,0 Мом, 2 вт
L_2 — 6Ж5П	R_3 — 3 ком, 2 вт
L_3 — 6Ж1П	R_4 — 5 ком, 1 вт
L_4, L_5 — 6Н6П	R_5 — 700 ом, 0,5 вт
L_6 — стабиловольт газовый СГ4П	R_6 — 3,3 ком, 0,5 вт
L_7 — 5ЦЗС	R_7 — 500 ком, 1 вт
L_8 — лампочка освещения 6,3 в, 0,28 а	R_8 — 5 ком, 1 вт
C_1, C_2 — 200 пФ, КС 10%	R_9 — 500 ом, 0,5 вт
C_3 — 0,5 мкФ, 300 в, КБГ-МП	R_{10} — 2 ком, 2 вт
C_4 — 10 мкФ, 400 в, МБГП-2	R_{11} — 20 ком, 1 вт
C_5 — 20 мкФ, 300 в, КЭ	R_{12} — 470 ком, 2 вт
C_6 — 20 мкФ, 450 в, КЭ	R_{13}, R_{14} — 100 ком, 0,5 вт
C_7, C_8, C_9 — 0,5 мкФ, 300 в, КБГ-МП	R_{15}, R_{16} — 2 ком, 0,5 вт
C_{10}, C_{11} — 20 мкФ, 300 в, КЭ	R_{17} — 110 ком, 0,5 вт
C_{12}, C_{13} — 20 мкФ, 300 в, КЭ	R_{18} — 200 ком, 0,5 вт
T_1 — термистор ТП-2/2	R_{19} — 300 ком, 0,5 вт
D_p — обычный дроссель, применяемый в блоках питания радиоприемников	R_{20} — 500 ом, 10 вт
ΦC — феррорезонансный стабилизатор	R_{21} — 3 ком, 2 вт

Использованная литература

1. М. С. Навашин. Телескоп астронома-любителя. М., Физматгиз, 1962.
2. А. Н. Подъяпольский. Как намотать трансформатор. М.—Л., Госэнергоиздат, массовая библиотека, 1953.
3. М. С. Навашин. Самодельный телескоп-рефлектор. М., Гостехиздат, 1949.
4. М. С. Навашин. Инструкция к изготовлению самодельного рефлектора. М., Изд-во АН СССР, 1962.
5. Д. Я. Мартынов. Курс практической астрофизики. М., Физматгиз, 1960.
6. Б. А. Воронцов-Вельяминов. Курс практической астрофизики. М., Гостехиздат, 1946.
7. Астрономический календарь. Постоянная часть. М., Физматгиз, 1962.
8. П. Г. Куликовский. Справочник астронома-любителя. М., Гостехиздат, 1954.
9. В. П. Цесевич. Что и как наблюдать на небе. М., Гостехиздат, 1955.
10. И. Д. Новиков, О. Б. Ржаницына. Астрономический календарь на 1958 г. М., Физматгиз, 1957.
11. С. Н. Блажко. Курс практической астрономии. М., Учпедгиз, 1940, § 186—188.
12. П. П. Доброправин. Изв. КрАО, 3.

Рекомендуемая литература

1. Любительское телескопостроение, вып. 1. М., изд-во «Наука», 1964.
2. Д. Д. Макутов. Изготовление и исследование астрономической оптики. М., Гостехиздат, 1948.

Содержание

От составителя	3
А. С. Фомин. Металлические и металло-стеклянные шлифовальники, их расчет и изготовление	5
А. Н. Подъяпольский. Самодельные теневые приборы для исследования поверхности вогнутых астрономических зеркал	17
А. Н. Подъяпольский. Труба-каркас для телескопа-рефлектора	27
А. Н. Подъяпольский. Установки любительских телескопов	34
Н. К. Андрианов. Самодельный 165-миллиметровый рефлектор на параллактической установке	51
Н. К. Андрианов. Павильон для телескопа астронома-любителя	64
И. Т. Зоткин. Откатная будка для телескопа	71
М. Алексеску, В. Бойко. Инструменты для наблюдения солнечных протуберанцев	75
А. Б. Палей. Несколько замечаний о любительской астрофотографии	84
А. Б. Палей. Об одном частном случае юстировки полярной оси экваториала по методу Шейнера	90
В. А. Анохин. Электронный привод к телескопу	93
Литература	99

Любительское телескопостроение

Вып. 2

Утверждено к печати

Центральным Советом Всесоюзного астрономо-геодезического общества

Редактор издательства Э. Н. Терентьев

Художник Б. К. Шаповалов. Технический редактор П. С. Кашина

Сдано в набор 24/V 1966 г. Подписано к печати 6/IX 1966 г. Формат 60×90¹/16.

Печ. л. 6¹/₄+2 вкл. Уч.-изд. л. 5,6. Тираж 4.300 экз. Изд. № 1100/66.

Тип. зак. 6279. Т-11950. Цена 40 коп.

Издательство «Наука». Москва, К-62, Подсосенский пер., 21
2-я типография издательства «Наука». Москва, Г-99, Шубинский пер., 10

О П Е Ч А Т К И И С П Р А В Л Е Н И Я

Страница	Строка	Напечатано	Должно быть
80	4 св.	D_2'	D_2
92	Таблица, графа 4	Промежуток времени	Угловое смещение за промежуток времени
99	14 сн.	1946	1940