

МИНИСТЕРСТВО ПРОСВЕЩЕНИЯ РСФСР  
МАРИЯНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ПЕДАГОГИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ  
ИМ. Н. К. КРУПСКОЙ

Н. В. ЛИСИНА

**САМОДЕЛЬНЫЙ  
СЕКСТАНТ  
И РАБОТА С НИМ**

ЙОШКАР-ОЛА  
1966



МАРИПСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ПЕДАГОГИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ  
ИМ. Н. К. КРУПСКОЙ

Н. В. ЛИСИНА

САМОДЕЛЬНЫЙ  
СЕКСТАНТ  
И РАБОТА С НИМ

(В ПОМОЩЬ УЧИТЕЛЮ АСТРОНОМИИ)

МАРИЙСКОЕ КНИЖНОЕ ИЗДАТЕЛЬСТВО  
ИОШКАР-ОЛА \* 1966

## ПРЕДИСЛОВИЕ

Астрономия, самая древняя из наук, имеет большое научно-теоретическое и мировоззренческое значение. С другой стороны она имеет непосредственное применение в практической жизни общества (определение географических координат, ориентировка, определение времени). Поэтому весьма полезно познакомить учащихся в школе с основными задачами практической астрономии -- определением широты и долготы места.

Чтобы преподавание астрономии в школе в какой-то мере поставить в соответствие с современными требованиями, следует применять для определения широты и долготы современные, но вместе с тем простые методы. Имеющиеся в литературе описания простейших методов и инструментов для определения широты и долготы, рекомендуемые для школьников, являются слишком примитивными и вряд ли могут серьезно заинтересовать учащихся старших классов.

В настоящей брошюре дается описание простого, но современного, и вполне доступного школьникам графического метода определения сразу обеих координат—широты и долготы, применяемого в мореплавании. Этот метод, метод прямых равных высот, находит в настоящее время себе применение и на суше. В несколько видоизмененном и приспособленном к специфическим условиям виде он применяется космонавтами при астрономической ориентировке. Школьников с этим методом можно познакомить на уроках астрономии, посвященных ее практическому применению.

Учащиеся в соответствии с существующей программой производят измерение высот светил с помощью школьного теодолита. Результаты этих наблюдений могут быть использованы для нахождения места положения школы методом прямых равных высот.

Полезно познакомить с этим методом учащихся младших классов на кружке астрономии, чтобы они могли пользоваться им в туристских походах и пионерских лагерях.

Однако в полевых и походных условиях применение теодо-

лита неудобно. В этом случае более удобным инструментом является секстант, который не требует предварительной установки и легок в транспортировке. В данной брошюре предлагается модель секстанта, который можно изготовить в школьных учебных мастерских. Точность его вполне удовлетворяет учебным целям.

В конце брошюры прилагаются таблицы для обработки наблюдений, являющиеся несколько упрощенными и видоизмененными таблицами высот и азимутов Солнца, применявшихся в авиации.

Надеемся, что предлагаемая брошюра заинтересует учителей и учащихся старших классов и будет полезна им при проведении уроков астрономии, в туристских походах, в кружковой работе. Просим присылать свои замечания и пожелания по адресу: г. Йошкар-Ола, ул. Коммунистическая, 94, МГПИ им. Н. К. Крупской, кафедра физики.

---

Многие методы определения географических координат основываются на измерении высот  $h$  (или их разности) светила в некоторый момент времени  $T$ . Между координатами светила — прямым восхождением  $\alpha$ , склонением  $\delta$ , высотой  $h$  и азимутом  $A$  с одной стороны и географическими координатами — широтой  $\varphi$  и долготой  $\lambda$ , с другой существует зависимость, в которую входят одновременно широта и долгота. Поэтому из наблюдений одного светила обычно определяется либо широта  $\varphi$  при известной долготе, либо долгота  $\lambda$  при известной широте. При раздельном определении широты и долготы необходимо соблюдать определенные условия при выборе светила (наблюдения светила производят либо в меридиане или вблизи него, либо близ первого вертикала). Эти условия часто ограничивают выбор светила для наблюдений и, что самое важное, время наблюдений.

Излагаемый дальше графический метод совместного определения широты и долготы, помимо простоты и наглядности обладает большой универсальностью, так как при его применении выбор светила и время наблюдений менее ограничены. Наглядность метода прямых равных высот заключается в том, что место наблюдателя находится сразу на карте. Он основан на своеобразном применении кругов равных высот, с рассмотрения которых и начинается наше изложение.

### **КРУГИ РАВНЫХ ВЫСОТ. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПОЛОЖЕНИЯ НАБЛЮДАТЕЛЯ**

Представим себе линию, соединяющую центр Земли с каким-либо светилом. Она пересечет земную поверхность в точке  $G$  (рис. 1), из которой это светило будет наблюдаться в зените, т. е. высота его будет равна  $90^\circ$ , а зенитное расстояние —  $0$ .

Точка, в зените которой находится данное светило, называется географическим местом этого светила (ГМС).

Предположим, что наблюдатель находится в какой-то точ-

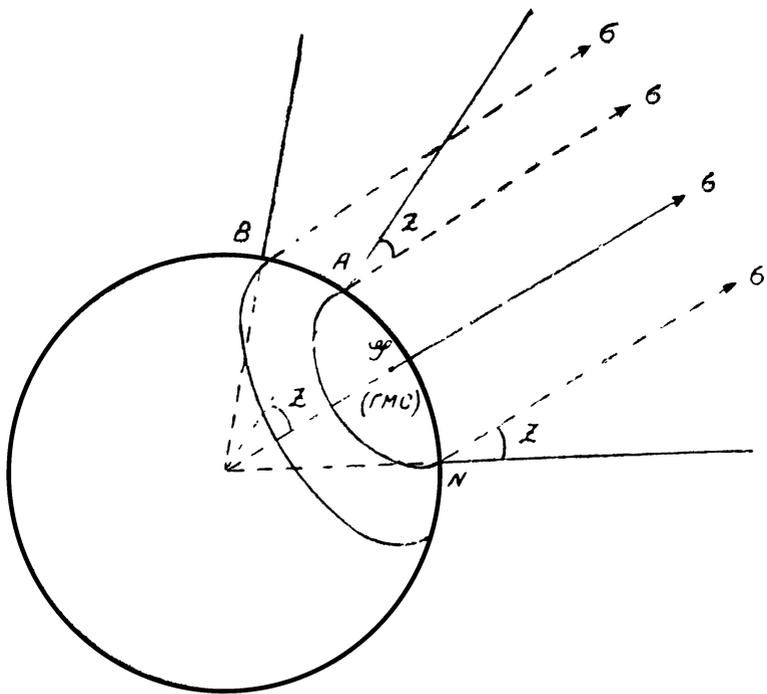


Рис. 1. Географическое место светила и круги равных высот.

ке А, не совпадающей с географическим местом светила. Тогда он видит это светило на некотором расстоянии от зенита\*, т. е. на высоте меньше  $90^\circ$ . Проведем вертикальное направление в точке А. Из рис. 1 видно, что точка А находится от ГМС на угловом расстоянии, равном удалению светила от зенита; т. е. равном его зенитному расстоянию или  $90^\circ - h$  (так как зенитное расстояние является дополнением высоты до  $90^\circ$ ).

Очевидно, что такая же высота светила над горизонтом будет не только для наблюдателя, расположенного в точке А, но и для всех наблюдателей, находящихся на малом круге, с центром в географическом месте светила и радиуса, равного угловому удалению светила от зенита или  $90^\circ - h$ .

В какой бы точке земной поверхности ни находился наблюдатель, через эту точку всегда можно провести круг равных высот любого светила. Чем ближе к географическому месту светила находится наблюдатель, тем больше высота светила (зенитное расстояние меньше). Отсюда следует, что если из двух мест А и В измерить высоты одного и того же светила  $h_a$  и  $h_b$  и построить круги равных высот, то они расположатся концентрично на расстоянии равном  $h_a - h_b$  друг от друга.

\* Вследствие большой удаленности светила можно считать, что его световые лучи идут параллельным пучком.

Действительно, сферические радиусы кругов равных высот, проходящих через точку А и через точку В, равны  $90^\circ - h_a$  и  $90^\circ - h_b$ , соответственно. Их разность и составит величину  $h_a - h_b$ .

Если высота светила  $h$  измерена, то, проведя на глобусе вокруг географического места светила круг равных высот, можно быть уверенным, что наблюдатель находится в одной из точек этого круга. Чтобы определить эту точку конкретно, нужно пронаблюдать второе светило и провести вокруг его ГМС второй круг равных высот\*. Два круга пересекутся в двух точках, в одной из которых, очевидно, находится наблюдатель\*\*. Дуга меридиана в  $1^\circ$  на земной поверхности соответствует приблизительно 111 км. Таким образом, даже при наблюдениях светил, близких к зениту, радиусы кругов равных высот имеют значительные размеры. Например, при  $h=80^\circ$  радиус круга составит 1110 км. Поэтому точки пересечения кругов расположены далеко друг от друга и решить, в какой из них находится наблюдатель, не составляет труда.

Построение кругов равных высот полностью можно сделать только на глобусе. Но для того, чтобы получить координаты места с сравнительно большой точностью, например,  $1'$  в 1 мм дуги, надо иметь глобус диаметром не менее 7 м и при этом строго шарообразной формы.

На практике приближенный район, где находится наблюдатель, всегда известен. Моряки, например, узнают свое приближенное, так называемое «счислимое» место, по направлению движения и по скорости корабля. Поэтому нет никакой надобности проводить круги равных высот полностью, достаточно провести лишь небольшие дуги около точки их пересечения. Так как радиусы кругов равных высот велики, то эти дуги с достаточным приближением можно заменить отрезками касательных, вблизи их точки пересечения. Эти спрямленные дуги кругов равных высот называются **прямыми равных высот**.

Рассмотрим принцип построения прямых равных высот сначала на глобусе (рис. 2).

Предположим, что положение данного места приближенно известно. Оно находится в точке С и имеет координаты  $\varphi_0$  и  $\lambda_0$ . На глобусе через эту точку проводятся меридиан и параллель. В данном пункте измеряется высота светила  $h$ . Из географического места светила, радиусом  $90^\circ - h$ , проводится круг равных высот. Этот круг пройдет через точку С, если

---

\* Легко показать, что географическое место светила имеет следующие координаты:  $\varphi = \delta$ , западная долгота  $\lambda = t_{гр}$ , где  $t_{гр}$  часовой угол, который светило имеет в момент наблюдения в Гринвиче.

\*\* Мы не затрагиваем здесь редкого на практике случая, когда круги будут касаться.

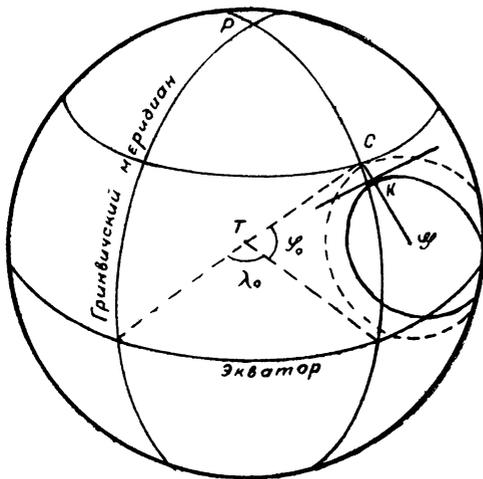


Рис. 2. Прямая равных высот на глобусе.

угол, равный азимуту светила. Это направление перпендикулярно к кругам равных высот и пересекается с кругом равных высот действительного места наблюдателя в точке К, отстоящей от точки С на величину  $\Delta h = h - h_c$ .

Касательная к кругу, проведенная через точку К называется **прямой равных высот**. Очевидно, она перпендикулярна к направлению на географическое место светила.

Итак, чтобы получить прямую равных высот, нужно знать азимут и высоту светила в месте с координатами  $\varphi_0$  и  $\lambda_0$ , принимаемыми за приближенные, и измерить высоту светила в данном месте. Величины А и  $\Delta h = h - h_c$  называются элементами прямой равных высот.

Высота и азимут светила в месте с координатами  $\varphi_0$  и  $\lambda_0$  могут быть вычислены, если известны экваториальные координаты светила и время в момент измерения высоты.

Одна прямая равных высот в общем случае не решает задачу, можно лишь сказать, что наблюдатель находится где-то на ней. Для определения конкретного положения наблюдателя нужно измерить высоту второго светила и построить таким же образом вторую прямую равных высот. Пересечение этих прямых даст положение искомого места.

### СХЕМАТИЧЕСКОЕ ОПИСАНИЕ СЕКСТАНТА

Для измерения высот светил применяется секстант. Его удобство заключается в том, что он не требует специальной установки, наблюдения с его помощью производятся с руки.

Устройство секстанта схематически показано на рис. 3.

окажется, что данное место совпадает с приближенным (пунктир). В противном случае точка С окажется внутри или вне этого круга. Радиусы кругов, проходящих через точку С и через истинное место, будут отличаться на величину  $h - h_c$ , где  $h_c$  высота светила, которую оно имеет в точке С.

Направление из точки С на географическое место светила составляет с меридианом точки С, очевидно,

Луч от светила попадает на подвижное зеркало А, которое может вращаться вместе с указателем Оа вокруг оси О, перпендикулярной к плоскости рисунка. Указатель Оа движется вдоль оцифрованной дуги, по которой отсчитывается угол смещения подвижного зеркала от нулевого положения. Поворотом подвижного зеркала луч от светила направляется на полупрозрачное неподвижное зеркало В, через которое на просвет виден горизонт. Таким образом, при определенном положении подвижного зеркала глаз увидит одновременно светило и линию горизонта.

Угол между направлениями обоих зеркал может быть измерен, а по его значению можно найти высоту светила. Из простых геометрических соображений следует, что угол между направлениями зеркал равен половине угла между направлениями на светило и на горизонт, т. е. половине высоты светила,  $\omega = \frac{h}{2}$  \*.

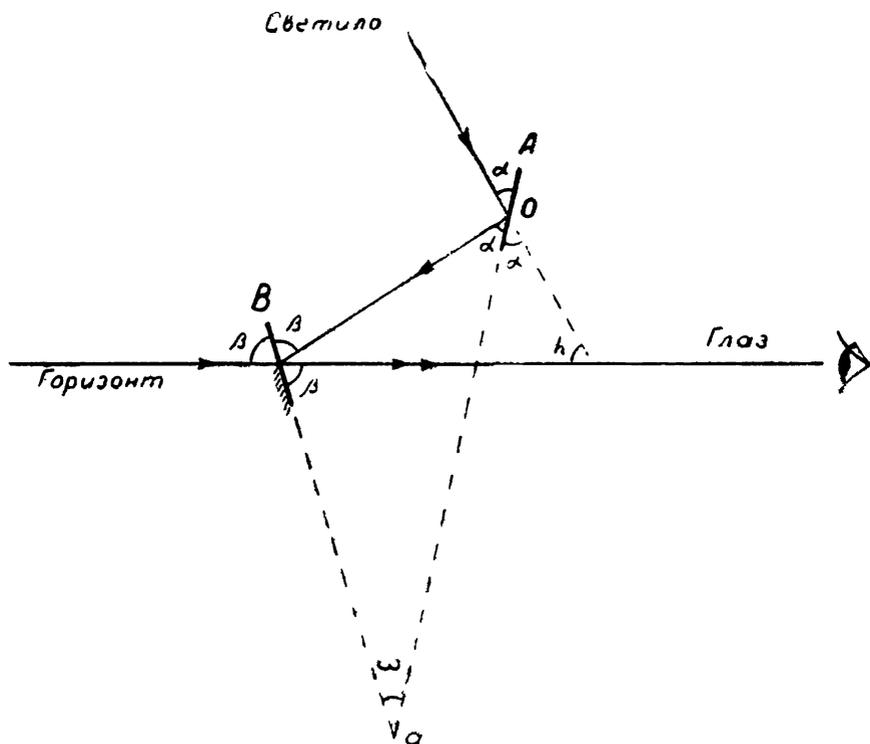


Рис. 3. Ход лучей в морском секстанте.

\* См. например, Попов П. И. Общедоступная практическая астрономия. М. 1958, стр. 119—124.

Схема, изображенная на рис. 3, лежит в основе устройства морского секстанта, который долгое время применялся мореплавателями. Высота светила с его помощью измеряется относительно видимого горизонта, т. е. границы воды и неба.

Если же линия видимого горизонта неровная из-за рельефа или закрыта от наблюдателя домами, деревьями и т. д., такую схему секстанта нужно дополнить искусственным горизонтом, что и сделано в авиационном секстанте, где искусственным горизонтом является пузырек круглого уровня, который указывает направление перпендикулярное горизонтальной плоскости. Следует отметить, что уровни с искусственным горизонтом все больше входят в практику измерений также и на море.

Конструкция авиационного секстанта сложна. Поэтому для самодельного изготовления проще использовать принцип морского секстанта, дополнив его уровнем, подобно тому как это сделали в 1919 году два португальских летчика Кутинхо и Кобраль, впервые применившие методы астрономической ориентировки при перелете через Атлантический океан.

#### СХЕМА И ОСНОВНЫЕ ДЕТАЛИ САМОДЕЛЬНОГО СЕКСТАНАТА

Общий вид, расположение основных деталей и ход лучей в секстанте показаны на рис. 4 и 5.

Основные детали секстанта следующие.

А — зеркало, укрепленное на подвижном радиусе-алидаде, который может вращаться вокруг оси 0 вдоль дуги  $LL^1$ . Ось 0 перпендикулярна плоскости рисунка.

В — неподвижное зеркало, укрепленное так, что перпендикуляр к нему составляет с лучом зрения угол около  $15^\circ$ . Амальгама в центре зеркала снята, чтобы можно было видеть уровень.

Зеркала А и В вставляются в металлические рамки с пружиной и коррекционными винтами (рис. 6).

Т — визирная трубка без линз, в окулярной части ее отверстие задиафрагмировано так, что оно составляет примерно 2—3 мм. Диафрагма объективной части имеет отверстие 6—8 мм.

С — призма полного внутреннего отражения или зеркало, поставленное под углом  $45^\circ$  к лучу зрения, которые делаются откидывающимися.

Д — круглый уровень, который крепится к металлическому угольнику тремя винтами с пружинами для корректировки (рис. 7).

Е — белая пластинка или зеркальце для подсветки уровня.

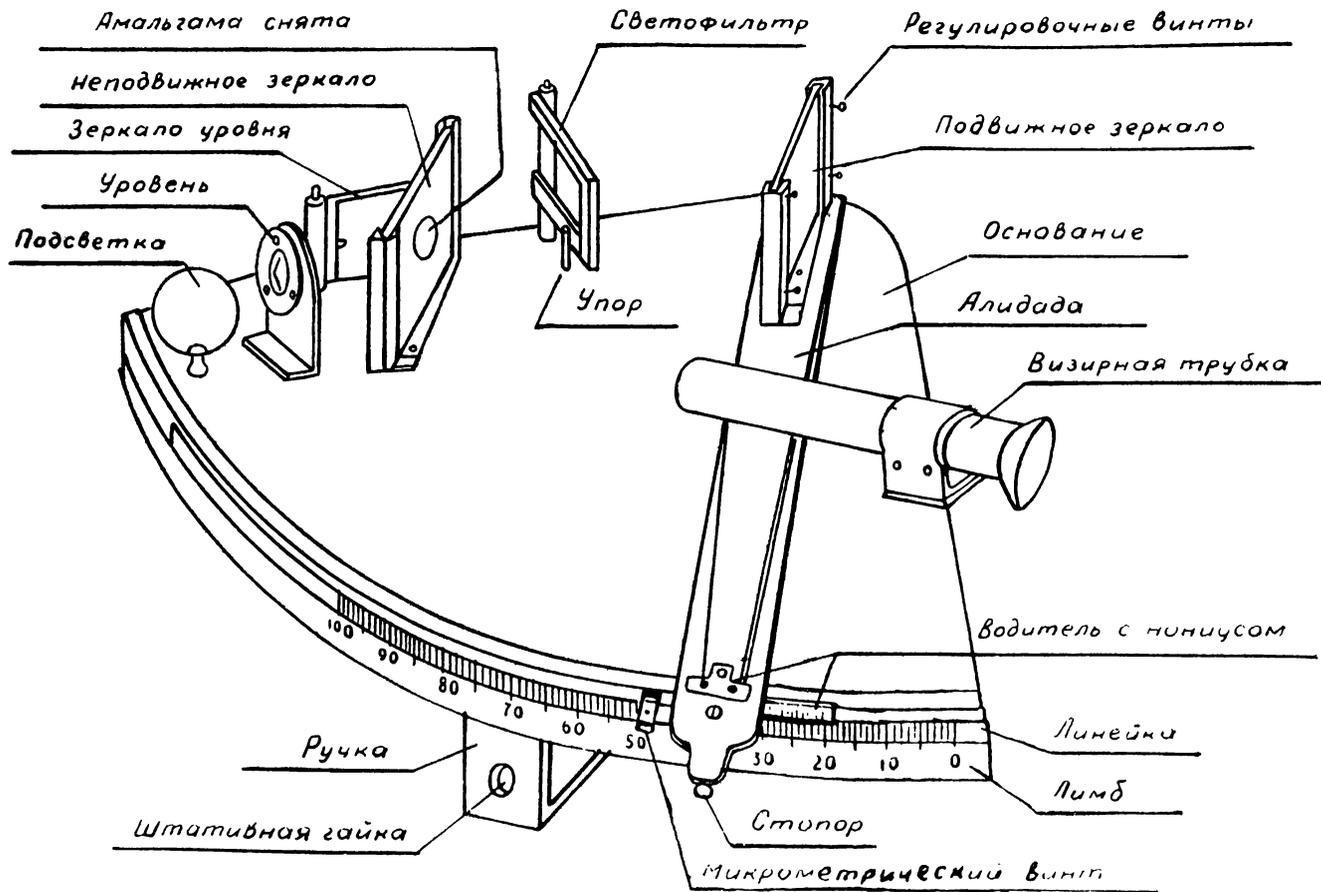


Рис. 4. Общий вид самодельного секстанта.

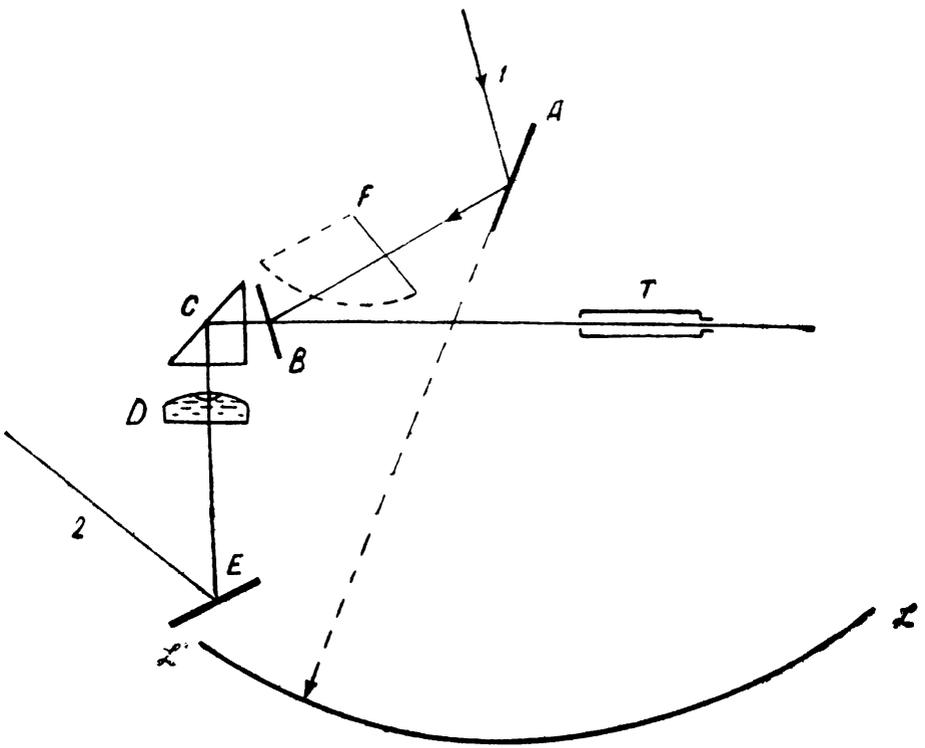


Рис. 5. Ход лучей и расположение деталей в самодельном секстанте.

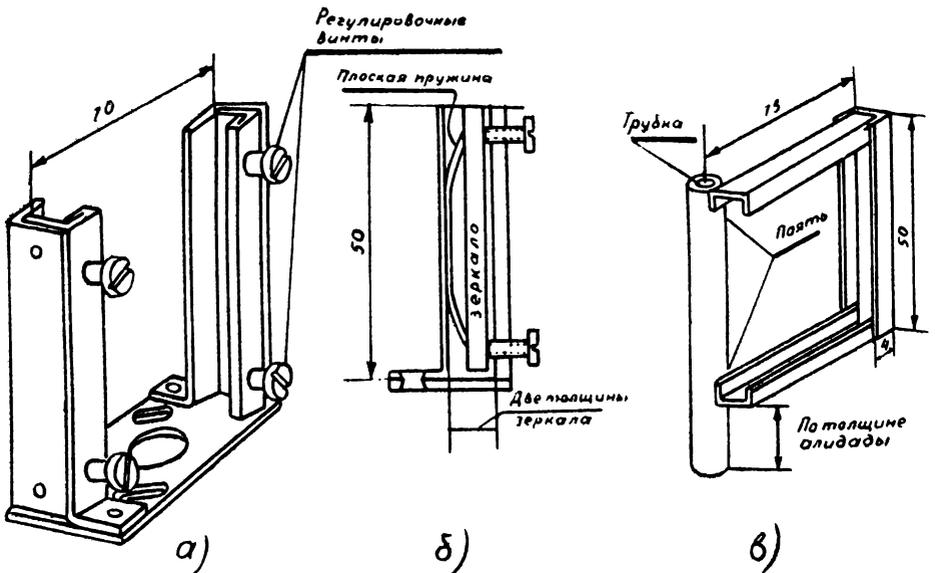


Рис. 6. Рамка для зеркал (а) и (б) и светофильтра (в)

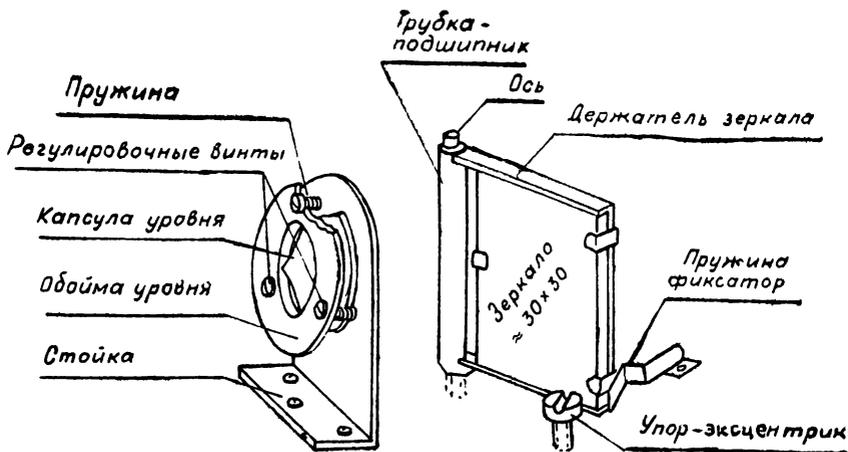


Рис. 7. Уровень и зеркало для уровня.

F — фильтр, абсолютно необходимый при наблюдениях Солнца. В качестве фильтра может служить проявленная и отфиксированная засвеченная фотопластинка. Он делается также откидывающимся.

Все эти детали располагаются как показано на рис. 5 (вид сверху). На этом же рисунке показан ход лучей в секстанте этой конструкции. В трубку Т должен быть виден пузырек уровня, с которым совмещается изображение светила в зеркале В (луч 1). Луч 2, проходящий через пузырек круглого уровня вертикально, после отражения от призмы С указывает горизонтальное направление.

Все эти детали укрепляются на секторе-лимбе. Так как точность секстанта зависит от точности, с которой сделан лимб, остановимся подробнее на его изготовлении.

### ИЗГОТОВЛЕНИЕ ЛИМБА И АЛИДАДЫ

При изготовлении секстанта, как и любого измерительного прибора, самым сложным является нанесение шкалы для отсчетов положения зеркала. Обычно в морских секстантах градусная шкала наносится на плоскости сектора-лимба. Изготовление такой шкалы сложно. В предлагаемой модели в качестве шкалы использована готовая металлическая линейка, закрепленная по дуге сектора (рис. 4).

Так как деления линейки имеют уже определенную величину, радиус сектора будет зависеть от того, сколько делений принято за один градус. Если одному градусу соответствует дуга  $l$ , то радиус сектора  $R$  равняется

$$R = \frac{360^\circ}{2\pi} \cdot l = 57,30 \cdot l$$

Например, если положить  $l=4$  мм, то  $R=57,30 \cdot 4=229,2$  мм. Легко показать, что если выдержать длину радиуса с точностью  $\pm 0,3$  мм, что легко достигается без особого оборудования, то ошибка в измерении угла в один градус не превысит  $5''$ . Если учесть, что 4 мм в нашем случае соответствует  $2''^*$ , то при наблюдениях до высот  $70^\circ$  ошибка не превысит  $3'$ .

Сектор — основание секстанта состоит из двух частей: плоскости из дюралюминия и привинченной к ней дуги для крепления шкалы. Чтобы легче было регулировать величину радиуса сектора секстанта (дюралюминиевая плоскость плюс толщина дуги), она должна быть меньше расчетной на величину  $0,2-0,3$  мм. Кроме того нужно учесть толщину линейки, используемой в качестве шкалы. Например, если последняя имеет толщину  $0,5$  мм, то радиус сектора при расчетном  $R=229,2$  мм должен иметь величину, равную

$$R=229,2-0,2-0,5=228,5 \text{ мм.}$$

Для плоскости секстанта делается заготовка — диск, толщиной  $2-3$  мм. Диск вытачивается на токарном станке. При креплении заготовки на станке необходимо строго фиксировать центр диска. Это нужно, чтобы избежать эксцентриситета. Радиус диска делается на  $6-10$  мм меньше расчетного.

Заготовка для дуги вытачивается на токарном станке в виде обода из плотной многослойной фанеры или эбонита, текстолита, гетинакса. Внешний радиус обода должен быть меньше расчетного (например,  $R=229,2$ ) на толщину линейки-шкалы плюс  $0,2-0,3$  мм. Внутренний радиус может быть на  $15-20$  мм меньше расчетного.

В ободке делается проточка для крепления дюралюминиевого диска, глубиной на  $0,5-1$  мм больше толщины диска. Внешний радиус проточки равен радиусу дюралюминиевого диска (заготовки). Диск привинчивается к ободу, после чего выпиливается лимб секстанта, как показано на рис. 8.

Шкала отрезается от металлической линейки\*\*. Ненужная часть линейки отрезается узкими полосками в несколько приемов во избежание деформации остающейся части. Полученная полоска с делениями (без оцифровки) с помощью двух винтов укрепляется по окружности лимба так, чтобы она плотно прилегала к дуге. На остающуюся часть дуги приклеивается бумажная полоска для оцифровки. Сама оцифровка делается позже.

Лимб секстанта можно сделать целиком из фанеры, толщи-

\* Так как высота светила равна удвоенному углу между зеркалами, то, чтобы каждый раз не производить расчеты, на лимбе наносят сразу удвоенные деления, т. е. вместо  $1^\circ$  пишут  $2^\circ$  и т. д.

\*\* Вместо обычной линейки с миллиметровыми делениями можно использовать усадочную линейку, применяемую в литейном деле. Тогда размеры секстанта измеряются этой линейкой без изменения расчетов.

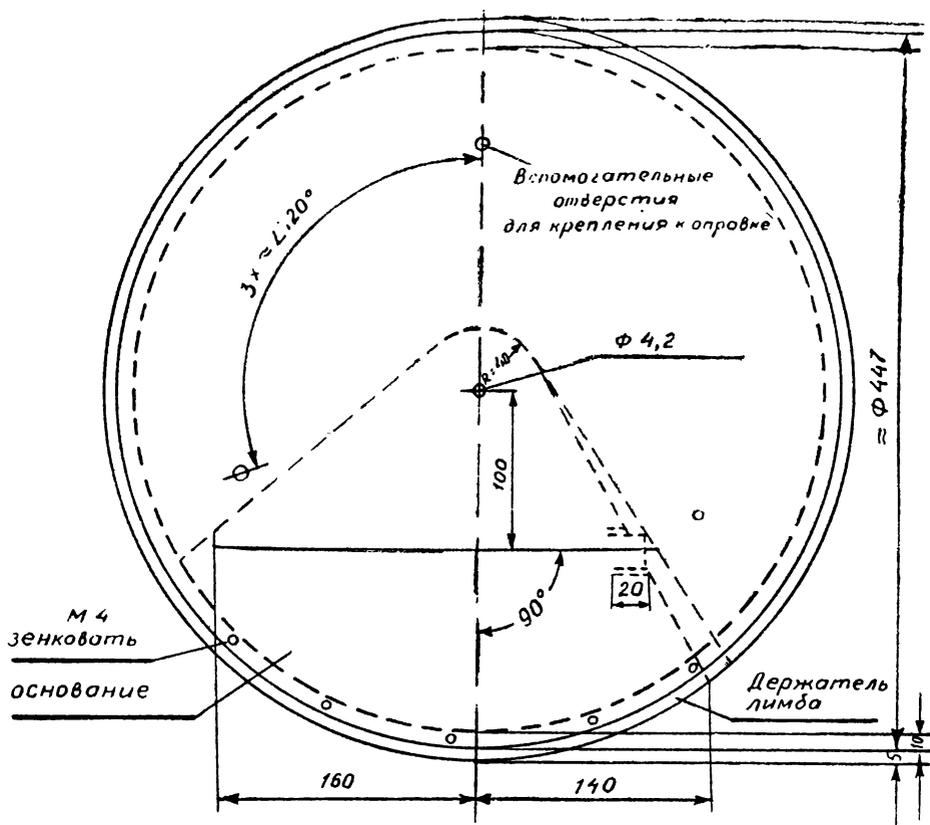


Рис. 8. Схема для выпиливания лимба.

ной 6—8 мм, выпилив его без токарного станка. Точность секстанта в этом случае будет ниже, поскольку труднее выдержать величину радиуса. Шкала линейки также прикрепляется по дуге лимба, а оцифровка располагается на плоскости лимба.

Индекс для отсчетов по лимбу помещается на подвижном радиусе-алидаде.

Алидада состоит из двух планок — нижней и верхней (рис. 9). К верхней планке привинчивается подвижное зеркало А, на другом ее конце находится микрометрическое устройство. На конце нижней планки делается зажимное устройство, например, как показано на рис. 10. Зажимное устройство может иметь и другую конструкцию.

Зажимное устройство, изображенное на рис. 10 делается следующим образом. К нижней планке алидады привинчивается упор в виде металлической стойки. Внутри нее делается отверстие, в которое вставляется ось зажима-стопора. В конце планки ввертывается винт, на который надевается спираль-

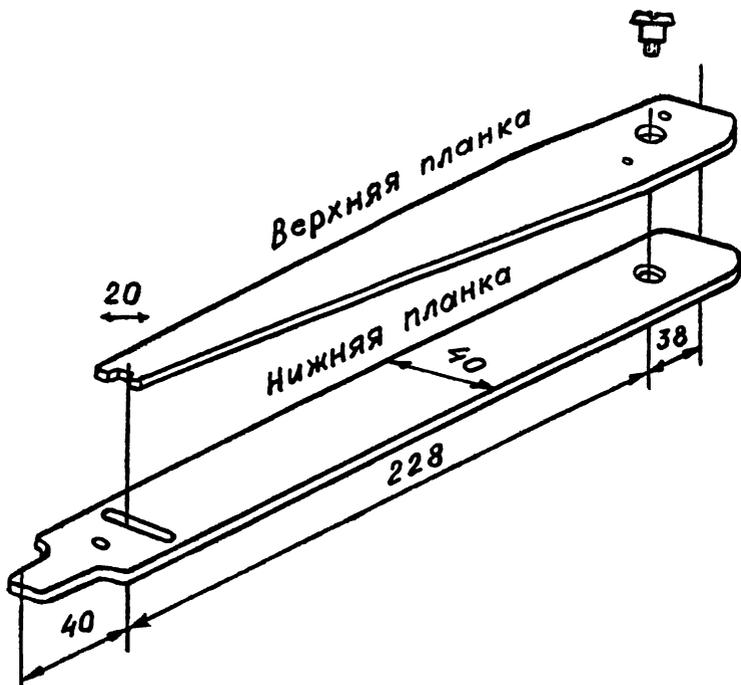


Рис. 9. Детали алидады.

ная пружина, прижимающая нижнюю часть стопора к лимбу. В нижнюю часть стопора вставляется резина. Если сжать конец планки алидады и стопор, как показано стрелками, то другой конец зажима отойдет от лимба и алидада будет свободно вращаться.

Микрометрическое устройство состоит из водителя, сделанного из латуни, толщиной 2 мм (рис. 11), винта М4 ÷ М5

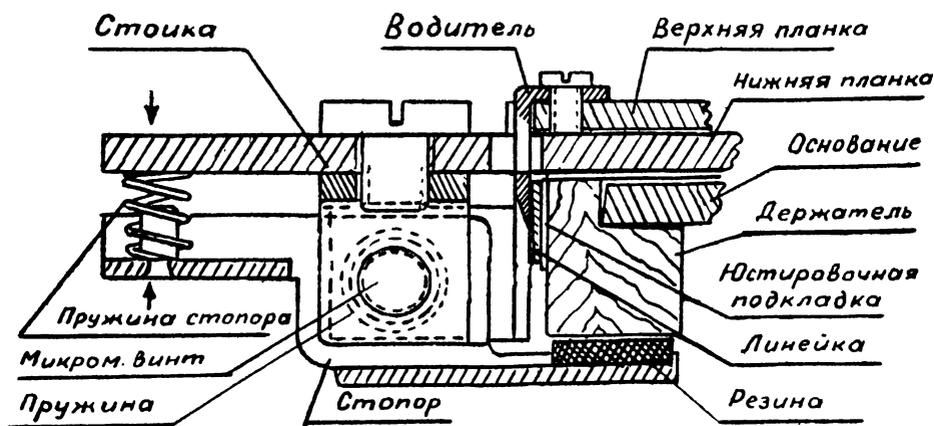


Рис. 10. Микрометрическое устройство в собранном виде (вид сбоку).

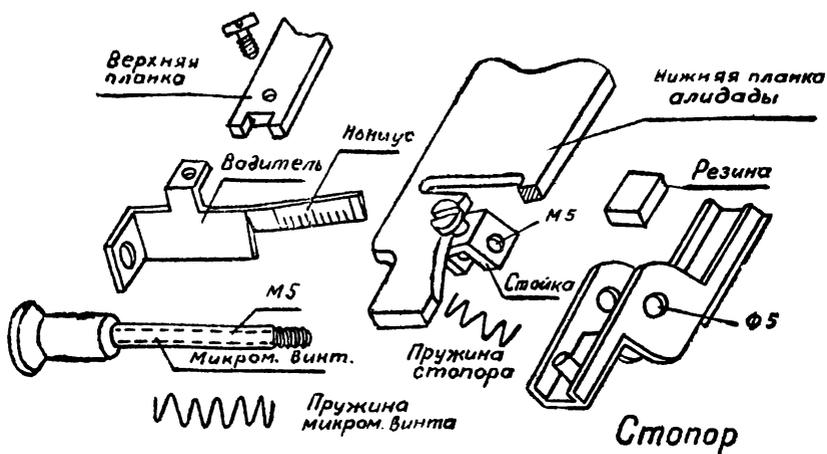


Рис. 11. Детали микрометрического устройства и зажима.

и пружины. Водитель привинчивается к верхней планке алидады. Винт проходит через отверстие водителя и ввертывается в стойку. Винт одновременно служит осью стопора. Между водителем и стойкой на винт надевается спиральная пружина из стальной проволоки, диаметром 1 мм. Пружина нужна для возвратного движения водителя при вывертывании винта. К водителю припаивается нониус, который можно взять от штангенциркуля.

Для отсчетов делений лимба на алидаде вместо нониуса может быть сделан просто указатель. Тогда отсчеты будут производиться на глаз без микрометрического устройства.

Алидада крепится к основанию секстанта с помощью винта, под которой покладывается фасонная пружинная шайба.

### СБОРКА САМОДЕЛЬНОГО СЕКСТАНТА

Секстант должен удовлетворять следующим условиям:

- отражающая поверхность подвижного зеркала должна быть перпендикулярна к плоскости лимба;
- отражающая поверхность неподвижного зеркала также должна быть перпендикулярна к плоскости лимба;
- оптическая ось трубы должна быть параллельна плоскости лимба;
- алидада не должна иметь эксцентриситета, т. е. центр лимба, в который вставляется ось алидады, должен совпадать с геометрическим центром сектора. Это условие должно выполняться при вытачивании диска.

При сборке секстанта эти условия нужно соблюдать по возможности тщательнее.

Если плоскость секстанта вырезана в соответствии с рис. 8,

то сборку деталей секстанта рационально делать в следующем порядке.

Прежде всего на плоскости секстанта через его центр проводится линия, параллельная левому срезу лимба (рис. 8). Перпендикулярно к ней на расстоянии 100 мм от центра проводится горизонтальная линия — визирная ось. Вдоль нее с помощью хомутика укрепляется трубка, так чтобы ее ось была параллельна визирной линии, проведенной на плоскости секстанта. Вдоль горизонтальной линии на краю сектора укрепляется откидывающаяся призма (или зеркальце) так, чтобы луч зрения падал в центр ее отражающей грани. Перед призмой перпендикулярно к плоскости сектора привинчивается неподвижное зеркало под углом примерно  $70^\circ$  к визирной линии. Затем плоскость секстанта располагается вертикально и под призмой укрепляется уровень так, чтобы пузырек его был в центре ампулы (центр ампулы должен быть отмечен кружком), когда визирная линия горизонтальна. Последнее можно проверить с помощью дополнительного уровня, установленного на зрительной трубке. Под уровнем помещается пластинка для подсветки, которая может вращаться вокруг оси.

Подвижное зеркало привинчивается перпендикулярно к плоскости верхней планки алидады под углом около  $10\text{--}15^\circ$  к ее средней линии. Зеркало укрепляется так, чтобы его середина приходилась над осью алидады. Отверстия для крепления рамки зеркала к алидаде нужно сделать продолговатой формы, чтобы можно было повертывать рамку вокруг вертикальной оси. Затем привертывается алидада.

С тыльной стороны сектора вдоль вертикальной линии привертывается ручка, снабженная гнездом с резьбой для укрепления секстанта на штативе.

## РЕГУЛИРОВКА СЕКСТАНТА

Как бы точно при сборке секстанта не устанавливалась перпендикулярность зеркал к плоскости лимба, небольшая погрешность всегда останется. Поэтому после сборки секстант необходимо отрегулировать. При регулировке производится установка нуля на шкале и ее оцифровка.

Регулировка секстанта осуществляется в следующей последовательности.

1. Проверка перпендикулярности подвижного зеркала А к плоскости лимба. Плоскость лимба располагается горизонтально. Алидада устанавливается так, чтобы ее подвижный конец находился на середине шкалы. Тогда в направлении, указанном стрелкой (рис. 12 а) видна часть дуги лимба ( $LL^1$ ) и ее изображение в зеркале А.

Если зеркало перпендикулярно к плоскости лимба, то изображение и непосредственно-видимая части лимба составляют продолжение одна другой (рис. 12б). Если же перпендикулярность отсутствует, то видна картина, изображенная на рис. 12 в. В этом случае наклон зеркала исправляется с помощью регулировочных винтов.

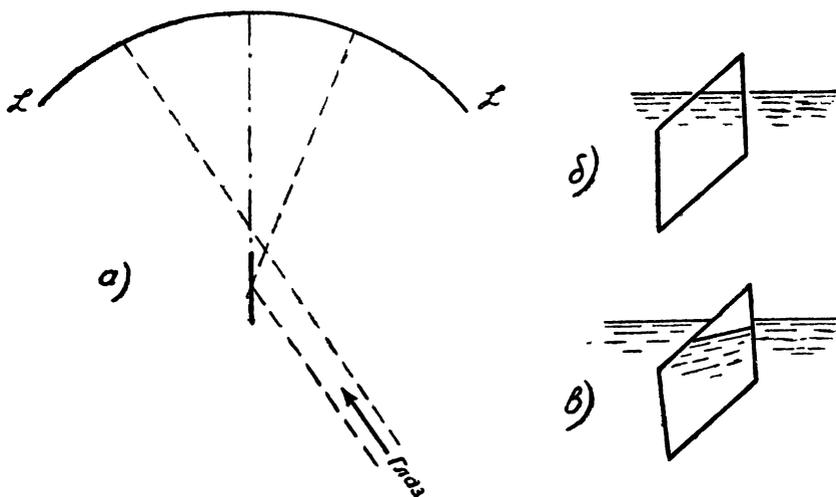


Рис. 12. Установка подвижного зеркала перпендикулярно лимбу.

2. Проверка перпендикулярности неподвижного зеркала В к плоскости секстанта. Плоскость секстанта располагается вертикально. Откинув призму, секстант наводят на Солнце (не забыть светофильтр!!!) так, чтобы оно находилось примерно в центре прозрачной части зеркала В. Поворачивая зеркало А, а затем регулируя наклон зеркала В с помощью регулировочных винтов добиваются совмещения Солнца с его изображением в зеркале В, полученном при отражении от зеркала А. Эту установку можно производить по любому удаленному (более 1 км) предмету.

Строго говоря, таким приемом устанавливают неподвижное зеркало не перпендикулярно к плоскости лимба, а в положение, параллельное подвижному зеркалу, так что ошибки установки зеркал одинаковы. При этом отмечают положение нуля на лимбе, так как начало отсчета угла между зеркалами будет соответствовать параллельному положению зеркал относительно друг друга. После этого производится оцифровка шкалы, имея в виду, что при радиусе, равном 229,2 мм, 2 мм соответствуют  $1^\circ$  (так как градусы удваиваются).

3. Установка круглого уровня Д. Не изменяя параллельного расположения зеркал А и В, секстант наводят на линию горизонта так, чтобы в трубу Т через прозрачную часть зеркала В была видна линия горизонта. (Зеркала А и В составляют перископ). Призму С ставят на место и наклон уровня изменяют до тех пор, пока изображение его пузырька не совместится с изображением линии горизонта, полученном при отражении от зеркала А. Если при сборке секстанта уровень устанавливался по другому уровню, как описано выше, то ошибка в установке уровня будет небольшой и, следовательно, отпадает необходимость в его регулировке.

4. Очевидно, что ни перпендикулярность зеркал, ни их параллельность, ни уровень невозможно установить абсолютно точно. Эти неточности учитываются введением **поправки секстанта**.

Поправка секстанта С определяется по Солнцу в полдень. В этом случае должны быть известны координаты места. Так как в полдень высота Солнца изменяется медленно, то в пределах точности, даваемой секстантом, можно считать в течение 3 минут до и после полудня высоту Солнца неизменной. В этот промежуток времени (6 мин.) с помощью секстанта измеряется высота Солнца ( $h_{изм.}$ ). Высоту Солнца также можно вычислить по известной широте места согласно формуле

$$h_{выч.} = 90^\circ - \varphi + \delta$$

Тогда поправка секстанта равняется

$$C = h_{выч.} - h_{изм.}$$

При наличии теодолита поправку секстанта можно определить, не зная координат места. Для этого достаточно сравнить значения высот удаленного земного предмета, полученных с помощью секстанта и теодолита.

Регулировка и проверка секстанта время от времени повторяется.

## НАБЛЮДЕНИЯ С ПОМОЩЬЮ СЕКСТАНТА

### Выбор светил для наблюдений.

Для наблюдений секстант берут в правую руку вертикально. Чтобы легче было удерживать пузырек уровня, локти ставят на твердую опору. Встав лицом к Солнцу, вращением зеркала А приводят изображение Солнца на неподвижное зеркало В. С помощью микрометрического винта совмещают изображение Солнца, пузырек уровня и центр ампулы уровня. В момент наилучшего совпадения отмечают момент времени

Т и отсчитывают показание шкалы Q. Тогда истинное значение высоты Солнца  $h$  с учетом поправки секстанта  $C$  и рефракции  $\rho$  равно

$$h = Q + C - \rho$$

Рефракция учитывается, если  $h < 60^\circ$ , так как в этом случае она имеет значение больше  $1'$ .

При определении координат места методом прямых равных высот необходимо измерить высоту двух светил. Светила для наблюдений следует выбирать таким образом, чтобы ошибка от спрямления дуг при построении прямых равных высот на карте была наименьшей. Кроме того также нужно учитывать то, что точка пересечения двух прямых определяется тем точнее, чем ближе угол пересечения прямых к  $90^\circ$ . Эти соображения приводят к следующим условиям выбора светил.

1. Светила в момент наблюдения должны иметь высоту  $h$  не более  $60^\circ$ , но и не меньше  $10^\circ$  (из-за неточного учета рефракции при наблюдениях низко у горизонта). Исключение составляет Солнце, которое можно наблюдать начиная с  $2^\circ$ .

2. Два светила должны иметь разность азимутов близкую к  $90^\circ$ . Обычно наблюдают светила с разностью азимутов в пределах  $60-120^\circ$ .

С помощью секстанта удобнее всего наблюдать Солнце. Для наблюдений звезд необходима дополнительная подсветка уровня.

При наблюдениях Солнца первое условие в пределах СССР соблюдается всегда. Чтобы соблюдалось второе условие, Солнце наблюдается два раза с промежутками времени между наблюдениями 4—8 часов. Если наблюдатель находится на одном месте, то наблюдения Солнца можно провести в два дня, при этом положения его должны отличаться в пределах  $60-120^\circ$ .

### Построение прямых равных высот.

Как уже говорилось, построение прямых равных высот основано на том, что приближенные координаты данного места известны. Их достаточно знать с точностью до  $1'$ . Долготу лучше выражать в часовой мере, тогда она должна быть известна с точностью до  $4''$ \*. За приближенные координаты данного пункта можно принять точно известные координаты ближайшего населенного пункта или координаты точки пересечения меридиана и параллели на карте, ближайшей к положению наблюдателя.

---

\* В случае надобности принятое приближенное значение долготы в дальнейшем может быть изменено.

Итак, приближенные координаты места  $\varphi_0$  и  $\lambda_0$  учителю должны быть известны.

При отыскании места наблюдателя на карте могут встретиться следующие случаи.

1. Обе координаты данного пункта  $\varphi_0$  и  $\lambda_0$  известны приближенно.

2. Одна координата, например, широта известна точно  $\varphi$  (определена по Поляной звезде с точностью, которую дает секстант), а долгота приближенно,  $\lambda_0$ .

3. Пункт наблюдения расположен на естественном или искусственном ориентире, нанесенном на карту (берег моря, озера, река, железная или шоссейная дорога и т. д.).

Рассмотрим каждый случай в отдельности.

**Первый случай.** 1) Наблюдают два светила (см. наблюдения с помощью секстанта). В моменты времени  $T_1$  и  $T_2$  измеряют их высоты  $h_1$  и  $h_2$ , которые исправляют за рефракцию и поправку секстанта.

2) По моментам  $T_1$  и  $T_2$  вычисляют часовые углы  $t_1$  и  $t_2$ , по которым с помощью таблиц высот и азимутов (см. приложение, таблицы IV) находят высоты  $h_{01}$  и  $h_{02}$  и азимуты  $A_1$  и  $A_2$  светил в месте с координатами  $\varphi_0$  и  $\lambda_0$ , принятыми за приближенные координаты данного места\*.

3) Определяют элементы прямых равных высот

$$\begin{aligned}\Delta h_1 &= h_1 - h_{01}; & A_1; \\ \Delta h_2 &= h_2 - h_{02}; & A_2.\end{aligned}$$

4) Строят прямые равных высот.

Построение прямых равных высот следовало бы делать на карте. Но так как на географической карте много деталей, ненужных в данном случае, рекомендуется снять на кальку участок карты, окружающий данное место, с основными деталями и на ней делать построение в следующем порядке (рис. 13).

а) Проводят меридиан и параллель места С с координатами  $\varphi_0$  и  $\lambda_0$ .

б) По азимутам  $A_1$  и  $A_2$  из точки С проводят направления на географические места светил ( $\Gamma M C_1$  и  $\Gamma M C_2$ ).

в) На этих направлениях в масштабе карты откладывают  $\Delta h_1$  и  $\Delta h_2$ , выраженные в километрах. (См. приложение, таблица II).

---

\*  $h$  и  $A$  светила в месте с координатами  $\varphi_0$  и  $\lambda_0$  вычисляются согласно известным формулам сферической астрономии  $\sin A = \frac{\sin t \cos \delta}{\cosh_0}$ ,  $\sin h_0 = \sin \varphi_0 \sin \delta + \cos \varphi_0 \cos \delta \cos t$ , где  $t = (T_N - N + \lambda) - (12^h + E)$  (для наблюдений Солнца).

Эти же формулы использованы при вычислении таблиц IV.

Величина  $\Delta h$  может оказаться как положительной, так и отрицательной. Положительное значение  $\Delta h$  означает, что данное место находится ближе к географическому месту светила, чем приближенное. В этом случае  $\Delta h$  откладывается в сторону географического места светила. В случае отрицательного значения  $\Delta h$ , означающего, что данное место находится дальше, чем приближенное,  $\Delta h$  откладывается в сторону от направления на светило.

г) Отложив  $\Delta h_1$  и  $\Delta h_2$ , получают точки  $K_1$  и  $K_2$ . Через них проводят линии, перпендикулярные направлениям на светила. Получают две прямые равных высот, соответственно I—I и II—II. Точка M пересечения этих линий и есть искомое место.

д) Наложив кальку снова на карту определяют на карте положение искомого пункта.

**Второй случай.** Предположим, что широта известна точно. Значит параллель, проведенную через точку C с координатами  $\varphi$  и  $\lambda_0$ , можно считать одной линией равных высот. Для получения второй линии наблюдают одно светило в восточной или западной части неба, чтобы направление на светило было близко к параллели. Тогда прямая равных высот пересечется с параллелью под углом близким к  $90^\circ$ .

Наблюдения и построение прямых равных высот делают как в предыдущем случае.

**Третий случай** (когда имеется линейный ориентир) сходен с предыдущим. В этом случае за одну линию равных высот принимают линейный ориентир и по наблюдениям одного светила строят другую прямую равных высот. Очевидно, что светило для наблюдений выбирается так, чтобы направление на него и направление линейного ориентира составляли как можно меньший угол.

### Рассмотрим первый случай на конкретном примере.

**Задача.** 5 октября 1965 г. в  $10^{\text{h}}09^{\text{m}}$  с помощью секстанта измерена высота Солнца. Получен отсчет  $Q=25^\circ53'$ . Поправка секстанта равна  $C=+15'$ . Второе наблюдение было произведено в том же месте 12 ноября 1965 г. в  $15^{\text{h}}14^{\text{m}}$  (часы ушли вперед на  $2^{\text{h}}$ ). Отсчет секстанта  $Q=2^\circ41'$ . Поправка C оказалась такой же,  $+15'$ . Найти точку на карте, где находится наблюдатель.

### Решение.

1) Наблюдение производилось в Марийской республике. В Атласе СССР (изд. 1962 г.) находим карту Поволжья и на территории МАССР координаты точки пересечения меридиана и параллели ( $\varphi_0=56^\circ00'$ ,  $\lambda_0=40^\circ00'$  или  $3^{\text{h}}12^{\text{m}}$ ). Снимаем на карту основные детали республик.

2) Находим значения высот Солнца, исправленные за рефракцию (таблица 1) и поправку секстанта С

$$h_1 = 25^{\circ}53' + 15' - 2' = 26^{\circ}06',$$
$$h_2 = 2^{\circ}41' + 15' - 15' = 2^{\circ}41'.$$

Моменты наблюдения исправляем за поправку часов

$$T_1 = 10^{\text{h}}09^{\text{m}},$$
$$T_2 = 15^{\text{h}}14^{\text{m}} - 2^{\text{m}} = 15^{\text{h}}12^{\text{m}}.$$

3) Из астрономического календаря на 1965 г. выписываем уравнения времени E (с точностью до минут) и склонения на гринвичскую полночь с их часовыми изменениями. Вычисляем склонение на данный момент наблюдения по гринвичскому времени (см. объяснение к таблицам высот и азимутов).

$$\text{на } 5/\text{X } E_1 = -11^{\text{m}}, \quad \delta_1 = -4^{\circ}40',$$
$$\text{на } 12/\text{XI } E_2 = -16^{\text{m}} \quad \delta_2 = -17^{\circ}43'.$$

4) По моментам наблюдений  $T_1$  и  $T_2$ , уравнению времени E и долготе места  $\lambda_0$  вычисляем часовые углы (см. объяснение к табл. IV).

$$\text{на } 5/\text{X } t_1 = -1^{\text{h}}28^{\text{m}},$$
$$\text{на } 12/\text{XI } t_2 = 3^{\text{h}}36^{\text{m}}.$$

5) По значениям часовых углов с помощью таблиц IV находим высоты и азимуты Солнца в месте с координатами  $\varphi_0$  и  $\lambda_0$ .

$$h_{01} = 26^{\circ}40' \quad A_1 = -25^{\circ} \quad \varphi_0 = 56^{\circ}00', \quad \lambda_0 = 3^{\text{h}}12^{\text{m}} \quad (48^{\circ}00'),$$
$$h_{02} = 3^{\circ}29' \quad A_2 = +51^{\circ} \quad \varphi_0 = 56^{\circ}00', \quad \lambda_0 = 3^{\text{h}}08^{\text{m}} \quad (47^{\circ}00').$$

Затем определяем элементы прямых равных высот

$$\Delta h_1 = -34', \quad A_1 = -25^{\circ},$$
$$\Delta h_2 = -47', \quad A_2 = 51^{\circ}.$$

6) Строим прямые равных высот (рис. 13)\*. Для построения прямых равных высот  $\Delta h_1$  и  $\Delta h_2$  переводим в километры с помощью таблицы II.  $\Delta h_1$ ,  $\Delta h_2$  откладываются в масштабе карты (в данном случае взята карта с масштабом I: 3 000 000, т. е. в 1 мм — 3 км.)

7) Накладывая кальку на карту, определяем, что в точке пересечения прямых равных высот (место наблюдателя) находится город Йошкар-Ола.

\* В нашем случае получилось, что первое наблюдение относится к месту с приближенными координатами  $\varphi = 56^{\circ}00'$  и  $\lambda = 3^{\text{h}}12^{\text{m}}$  ( $48^{\circ}00'$ ). Из этого места и строим линию 1—1.

Во втором наблюдении изменена приближенная долгота, для приближения часового угла к табличному значению. Значит, вторую прямую равных высот строим из точки с координатами  $\varphi = 56^{\circ}00'$  и  $\lambda = 3^{\text{h}}08^{\text{m}}$ , т. е.  $47^{\circ}00'$ .



## Средняя рефракция.

| Высота светила | $\rho$ | высота светила | $\rho$ |
|----------------|--------|----------------|--------|
| 90°00'         |        |                | 10'    |
|                | 0'     | 4°35'          |        |
| 62 51          | 1      | 4 05           | 11     |
| 32 55          | 2      | 3 39           | 12     |
| 21 08          | 3      | 3 16           | 13     |
| 15 11          | 4      | 2 56           | 14     |
| 11 49          | 5      | 2 39           | 15     |
| 9 36           | 6      | 2 23           | 16     |
| 8 02           | 7      | 2 09           | 17     |
| 6 51           | 8      | 1 56           | 18     |
| 5 56           | 9      | 1 45           | 19     |
| 5 12           | 10     | 1 34           | 20     |

Таблица II.

## Перевод дуги большого круга в километры (1' = 1,852 км).

|    | 0' | 10' | 20' | 30' | 40' | 50' | 1°00' | 1°10' | 1°20' | 1°30' | 1°40' | 1°50' | 2°00' |
|----|----|-----|-----|-----|-----|-----|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| 0' | 0  | 19  | 37  | 56  | 74  | 93  | 111   | 130   | 148   | 167   | 185   | 204   | 222   |
| 1' | 2  | 20  | 39  | 57  | 76  | 94  | 113   | 131   | 150   | 169   | 187   | 206   | 224   |
| 2  | 4  | 22  | 41  | 59  | 78  | 96  | 115   | 133   | 152   | 170   | 189   | 207   | 226   |
| 3  | 6  | 24  | 43  | 61  | 80  | 98  | 117   | 135   | 154   | 172   | 191   | 209   | 228   |
| 4  | 7  | 26  | 44  | 63  | 81  | 100 | 119   | 137   | 156   | 174   | 193   | 211   | 230   |
| 5  | 9  | 28  | 46  | 65  | 83  | 102 | 120   | 139   | 157   | 176   | 194   | 213   | 232   |
| 6  | 11 | 30  | 48  | 67  | 85  | 104 | 122   | 141   | 159   | 178   | 196   | 215   | 233   |
| 7  | 13 | 31  | 50  | 69  | 87  | 106 | 124   | 143   | 161   | 180   | 198   | 217   | 235   |
| 8  | 15 | 33  | 52  | 70  | 89  | 107 | 126   | 144   | 163   | 181   | 200   | 219   | 237   |
| 9  | 17 | 35  | 54  | 72  | 91  | 109 | 128   | 146   | 165   | 183   | 202   | 220   | 239   |

Таблица III.

Поправки за минуты склонения.

| $\delta \backslash f$ | 10 | 9  | 8  |
|-----------------------|----|----|----|
| 0'                    | 0  | 0  | 0  |
| 1                     | 1  | 1  | 1  |
| 2                     | 2  | 2  | 2  |
| 3                     | 3  | 3  | 2  |
| 4                     | 4  | 4  | 3  |
| 5                     | 5  | 4  | 4  |
| 6                     | 6  | 5  | 5  |
| 7                     | 7  | 6  | 6  |
| 8                     | 8  | 7  | 6  |
| 9                     | 9  | 8  | 7  |
| 10                    | 10 | 9  | 8  |
| 11                    | 11 | 10 | 9  |
| 12                    | 12 | 11 | 10 |
| 13                    | 13 | 12 | 10 |
| 14                    | 14 | 13 | 11 |
| 15                    | 15 | 14 | 12 |
| 16                    | 16 | 14 | 13 |
| 17                    | 17 | 15 | 14 |
| 18                    | 18 | 16 | 14 |
| 19                    | 19 | 17 | 15 |
| 20                    | 20 | 18 | 16 |
| 21                    | 21 | 19 | 17 |
| 22                    | 22 | 20 | 18 |
| 23                    | 23 | 21 | 18 |
| 24                    | 24 | 22 | 19 |
| 25                    | 25 | 22 | 20 |
| 26                    | 26 | 23 | 21 |
| 27                    | 27 | 24 | 22 |
| 28                    | 28 | 25 | 22 |
| 29                    | 29 | 26 | 23 |
| 30                    | 30 | 27 | 24 |

Таблица IV.

Высота и азимут для широты  $56^\circ$ , для склонения  $0^\circ$ .

| $t \backslash \varphi$         | $\varphi = 56^\circ$ |    |                |
|--------------------------------|----------------------|----|----------------|
|                                | h                    | f  | A              |
| 0 <sup>h</sup> 00 <sup>m</sup> | 34 <sup>o</sup> 00'  | 10 | 0 <sup>o</sup> |
| 08                             | 33 59                | 10 | 2              |
| 16                             | 33 54                | 10 | 5              |
| 24                             | 33 47                | 10 | 7              |
| 32                             | 33 38                | 10 | 10             |
| 40                             | 33 25                | 10 | 12             |
| 48                             | 33 10                | 10 | 14             |
| 56                             | 32 52                | 10 | 17             |
| 1 04                           | 32 31                | 10 | 19             |
| 12                             | 32 07                | 10 | 21             |
| 20                             | 31 42                | 10 | 24             |
| 28                             | 31 14                | 10 | 26             |
| 36                             | 30 43                | 10 | 28             |
| 44                             | 30 10                | 10 | 30             |
| 52                             | 29 35                | 10 | 33             |
| 2 00                           | 28 58                | 9  | 35             |
| 16                             | 27 37                | 9  | 39             |
| 32                             | 26 09                | 9  | 43             |
| 48                             | 24 33                | 9  | 47             |
| 3 04                           | 22 52                | 9  | 51             |
| 20                             | 21 04                | 9  | 55             |
| 36                             | 19 11                | 9  | 59             |
| 4 00                           | 16 14                | 9  | 64             |
| 24                             | 13 09                | 9  | 70             |
| 48                             | 9 57                 | 8  | 75             |
| 5 12                           | 6 41                 | 8  | 80             |
| 36                             | 3 21                 | 8  | 85             |
| 6 00                           | 0 00                 | 8  | 90             |

$$\varphi = 56^\circ$$

| t | 1° |   |   | 2° |   |   | 3° |   |   | 4° |   |
|---|----|---|---|----|---|---|----|---|---|----|---|
|   | h  | f | A | h  | f | A | h  | f | A | h  | f |

| ч | м  | °  | '  | °  | '  | °  | '  | °  | '  | °  | '  | °  | '  |
|---|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|
| 0 | 00 | 35 | 00 | 10 | 0  | 36 | 00 | 10 | 0  | 37 | 00 | 10 | 0  |
|   | 07 | 34 | 59 | 10 | 2  | 35 | 59 | 10 | 2  | 36 | 59 | 10 | 3  |
|   | 16 | 34 | 54 | 10 | 5  | 35 | 54 | 10 | 5  | 36 | 54 | 10 | 5  |
|   | 24 | 34 | 47 | 10 | 7  | 35 | 47 | 10 | 7  | 36 | 47 | 10 | 7  |
|   | 32 | 34 | 37 | 10 | 10 | 35 | 37 | 10 | 10 | 36 | 37 | 10 | 10 |
|   | 40 | 34 | 24 | 10 | 12 | 35 | 24 | 10 | 12 | 36 | 24 | 10 | 12 |
|   | 48 | 34 | 09 | 10 | 15 | 35 | 08 | 10 | 15 | 36 | 08 | 10 | 15 |
|   | 56 | 33 | 51 | 10 | 17 | 34 | 50 | 10 | 17 | 35 | 49 | 10 | 17 |
| 1 | 04 | 33 | 30 | 10 | 19 | 34 | 29 | 10 | 20 | 35 | 28 | 10 | 20 |
|   | 12 | 33 | 06 | 10 | 22 | 34 | 05 | 10 | 22 | 35 | 04 | 10 | 22 |
|   | 20 | 32 | 40 | 10 | 24 | 33 | 39 | 10 | 24 | 34 | 37 | 10 | 25 |
|   | 28 | 32 | 12 | 10 | 26 | 33 | 10 | 10 | 27 | 34 | 08 | 10 | 27 |
|   | 36 | 31 | 41 | 10 | 29 | 32 | 39 | 10 | 29 | 33 | 36 | 10 | 29 |
|   | 44 | 31 | 08 | 10 | 31 | 32 | 05 | 10 | 31 | 33 | 03 | 10 | 31 |
|   | 52 | 30 | 32 | 10 | 33 | 31 | 30 | 10 | 33 | 32 | 26 | 10 | 34 |
| 2 | 00 | 29 | 55 | 9  | 35 | 30 | 52 | 9  | 36 | 31 | 48 | 9  | 36 |
|   | 16 | 28 | 33 | 9  | 40 | 29 | 29 | 9  | 40 | 30 | 25 | 9  | 40 |
|   | 32 | 27 | 07 | 9  | 44 | 27 | 59 | 9  | 44 | 28 | 55 | 9  | 45 |
|   | 48 | 25 | 28 | 9  | 48 | 26 | 22 | 9  | 48 | 27 | 17 | 9  | 49 |
| 3 | 04 | 23 | 45 | 9  | 52 | 24 | 39 | 9  | 52 | 25 | 33 | 9  | 53 |
|   | 20 | 21 | 57 | 9  | 56 | 22 | 50 | 9  | 56 | 23 | 43 | 9  | 57 |
|   | 36 | 20 | 04 | 9  | 59 | 20 | 56 | 9  | 60 | 21 | 49 | 9  | 60 |
| 4 | 00 | 17 | 06 | 9  | 65 | 17 | 58 | 9  | 65 | 18 | 49 | 9  | 66 |
|   | 24 | 14 | 00 | 9  | 70 | 14 | 51 | 8  | 71 | 15 | 42 | 8  | 71 |
|   | 48 | 10 | 48 | 8  | 75 | 11 | 38 | 8  | 76 | 12 | 28 | 8  | 77 |
| 5 | 12 | 7  | 31 | 8  | 81 | 8  | 21 | 8  | 81 | 9  | 11 | 8  | 82 |
|   | 36 | 4  | 11 | 8  | 86 | 5  | 01 | 8  | 86 | 5  | 50 | 8  | 87 |
| 6 | 00 | 0  | 50 | 8  | 91 | 1  | 41 | 8  | 91 | 2  | 29 | 8  | 92 |
|   | 24 |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |
|   | 48 |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |

Таблица IV

| A  | 5°    |    |    | 6°    |    |    | 7°    |    |    | 8°    |    |     |
|----|-------|----|----|-------|----|----|-------|----|----|-------|----|-----|
|    | h     | f  | A  | h     | f  | A  | h     | f  | A  | h     | f  | A   |
| 0  | 39 00 | 10 | 0  | 40 00 | 10 | 0  | 41 00 | 10 | 0  | 42 00 | 10 | 0   |
| 3  | 38 59 | 10 | 3  | 39 59 | 10 | 3  | 40 58 | 10 | 3  | 41 58 | 10 | 3   |
| 5  | 38 54 | 10 | 5  | 39 54 | 10 | 5  | 40 54 | 10 | 5  | 41 54 | 10 | 5   |
| 7  | 38 46 | 10 | 8  | 39 46 | 10 | 8  | 40 46 | 10 | 8  | 41 46 | 10 | 8   |
| 10 | 38 36 | 10 | 10 | 39 36 | 10 | 10 | 40 36 | 10 | 10 | 41 35 | 10 | 11  |
| 12 | 38 23 | 10 | 13 | 39 22 | 10 | 13 | 40 22 | 10 | 13 | 41 21 | 10 | 13  |
| 15 | 38 06 | 10 | 15 | 39 06 | 10 | 15 | 40 05 | 10 | 16 | 41 04 | 10 | 16  |
| 17 | 37 47 | 10 | 18 | 38 46 | 10 | 18 | 39 46 | 10 | 18 | 40 45 | 10 | 18  |
| 20 | 37 26 | 10 | 20 | 38 24 | 10 | 20 | 39 23 | 10 | 21 | 40 22 | 10 | 21  |
| 22 | 37 01 | 10 | 23 | 38 00 | 10 | 23 | 38 58 | 10 | 23 | 39 57 | 10 | 24  |
| 25 | 36 34 | 10 | 25 | 37 32 | 10 | 25 | 38 30 | 10 | 26 | 39 29 | 10 | 26  |
| 27 | 36 04 | 10 | 28 | 37 02 | 10 | 28 | 38 00 | 10 | 28 | 38 58 | 10 | 29  |
| 30 | 35 32 | 10 | 30 | 36 29 | 10 | 30 | 37 27 | 10 | 31 | 38 24 | 10 | 31  |
| 32 | 34 57 | 10 | 32 | 38 55 | 10 | 33 | 36 52 | 10 | 33 | 37 49 | 10 | 33  |
| 34 | 34 20 | 9  | 34 | 35 17 | 9  | 35 | 36 14 | 9  | 35 | 37 11 | 9  | 36  |
| 36 | 33 41 | 9  | 37 | 34 38 | 9  | 37 | 35 34 | 9  | 38 | 36 31 | 9  | 38  |
| 41 | 32 17 | 9  | 41 | 33 13 | 9  | 41 | 34 08 | 9  | 42 | 35 04 | 9  | 43  |
| 45 | 30 45 | 9  | 46 | 31 40 | 9  | 46 | 32 34 | 9  | 46 | 33 29 | 9  | 47  |
| 49 | 29 06 | 9  | 50 | 30 00 | 9  | 50 | 30 54 | 9  | 51 | 31 48 | 9  | 51  |
| 53 | 27 20 | 9  | 54 | 28 14 | 9  | 54 | 29 07 | 9  | 55 | 30 00 | 9  | 55  |
| 57 | 25 29 | 9  | 58 | 26 22 | 9  | 58 | 27 15 | 9  | 59 | 28 07 | 9  | 59  |
| 61 | 23 34 | 9  | 62 | 24 26 | 9  | 62 | 25 18 | 9  | 63 | 26 10 | 9  | 63  |
| 67 | 20 32 | 9  | 67 | 21 23 | 9  | 68 | 22 15 | 9  | 68 | 23 06 | 9  | 69  |
| 72 | 17 23 | 8  | 72 | 18 14 | 8  | 73 | 19 04 | 8  | 74 | 19 55 | 8  | 76  |
| 77 | 14 09 | 8  | 78 | 14 59 | 8  | 78 | 15 49 | 8  | 79 | 16 39 | 8  | 79  |
| 82 | 10 50 | 8  | 83 | 11 40 | 8  | 83 | 12 30 | 8  | 84 | 13 20 | 8  | 85  |
| 87 | 7 30  | 8  | 88 | 8 20  | 8  | 88 | 9 09  | 8  | 89 | 9 59  | 8  | 90  |
| 92 | 4 09  | 8  | 93 | 4 58  | 8  | 93 | 5 48  | 8  | 94 | 6 38  | 8  | 95  |
|    | 0 48  | 8  | 98 | 1 38  | 8  | 98 | 2 28  | 8  | 99 | 3 18  | 8  | 99  |
|    |       |    |    |       |    |    |       |    |    | 0 01  | 8  | 104 |

|       |       |       |       |       |       |       |       |       |  |  |  |  |  |
|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|--|--|--|--|--|
| 2 31  | 8 84  | 1 41  | 8 84  | 0 52  | 8 83  | 0 02  | 8 83  |       |  |  |  |  |  |
| 5 50  | 8 79  | 5 00  | 8 79  | 4 10  | 8 78  | 3 20  | 8 78  | 2 30  |  |  |  |  |  |
| 9 06  | 8 74  | 8 16  | 8 74  | 7 25  | 8 73  | 6 35  | 8 73  | 5 44  |  |  |  |  |  |
| 12 18 | 9 69  | 11 26 | 9 69  | 10 35 | 9 68  | 9 44  | 9 68  | 8 53  |  |  |  |  |  |
| 15 22 | 9 64  | 14 30 | 9 63  | 13 38 | 9 63  | 12 46 | 9 62  | 11 54 |  |  |  |  |  |
| 18 19 | 9 58  | 17 26 | 9 58  | 16 33 | 9 57  | 15 40 | 9 57  | 14 47 |  |  |  |  |  |
| 20 11 | 9 55  | 19 17 | 9 54  | 18 24 | 9 54  | 17 30 | 9 53  | 16 36 |  |  |  |  |  |
| 21 57 | 9 51  | 21 03 | 9 50  | 20 09 | 9 50  | 19 15 | 9 49  | 18 21 |  |  |  |  |  |
| 23 39 | 9 47  | 22 44 | 9 46  | 21 49 | 9 46  | 20 54 | 9 46  | 19 59 |  |  |  |  |  |
| 25 13 | 9 43  | 24 18 | 9 42  | 23 22 | 9 42  | 22 26 | 9 42  | 21 31 |  |  |  |  |  |
| 26 41 | 9 39  | 25 45 | 9 38  | 24 48 | 9 38  | 23 52 | 9 38  | 22 56 |  |  |  |  |  |
| 28 01 | 9 34  | 27 04 | 10 34 | 26 07 | 10 34 | 25 10 | 10 33 | 24 13 |  |  |  |  |  |
| 28 38 | 10 32 | 27 41 | 10 32 | 26 43 | 10 32 | 25 46 | 10 31 | 24 49 |  |  |  |  |  |
| 29 13 | 10 30 | 28 15 | 10 30 | 27 18 | 10 30 | 26 20 | 10 29 | 25 22 |  |  |  |  |  |
| 29 45 | 10 28 | 28 47 | 10 28 | 27 49 | 10 27 | 26 51 | 10 27 | 25 53 |  |  |  |  |  |
| 30 16 | 10 26 | 29 17 | 10 25 | 28 19 | 10 25 | 27 21 | 10 25 | 26 22 |  |  |  |  |  |
| 30 44 | 10 23 | 29 45 | 10 23 | 28 46 | 10 23 | 27 48 | 10 23 | 26 49 |  |  |  |  |  |
| 31 09 | 10 21 | 30 10 | 10 21 | 29 11 | 10 21 | 28 13 | 10 20 | 27 14 |  |  |  |  |  |
| 31 32 | 10 19 | 30 33 | 10 19 | 29 34 | 10 18 | 28 35 | 10 18 | 27 36 |  |  |  |  |  |
| 31 52 | 10 17 | 30 53 | 10 16 | 29 54 | 10 16 | 28 55 | 10 16 | 27 55 |  |  |  |  |  |
| 32 10 | 10 14 | 31 11 | 10 14 | 30 11 | 10 14 | 29 12 | 10 14 | 28 12 |  |  |  |  |  |
| 32 25 | 10 12 | 31 26 | 10 12 | 30 26 | 10 12 | 29 26 | 10 12 | 28 27 |  |  |  |  |  |
| 32 38 | 10 10 | 31 38 | 10 9  | 30 38 | 10 9  | 29 39 | 10 9  | 28 39 |  |  |  |  |  |
| 32 47 | 10 7  | 31 48 | 10 7  | 30 48 | 10 7  | 29 48 | 10 7  | 28 48 |  |  |  |  |  |
| 32 54 | 10 5  | 31 54 | 10 5  | 30 54 | 10 5  | 29 55 | 10 5  | 28 55 |  |  |  |  |  |
| 32 59 | 10 2  | 31 59 | 10 2  | 30 59 | 10 2  | 29 59 | 10 2  | 28 59 |  |  |  |  |  |
| 33 00 | 10 0  | 32 00 | 10 0  | 31 00 | 10 0  | 30 00 | 10 0  | 29 00 |  |  |  |  |  |

| h   | f | A | h   | f | A | h   | f | A | h   | f | A | h |
|-----|---|---|-----|---|---|-----|---|---|-----|---|---|---|
| -1° |   |   | -2° |   |   | -3° |   |   | -4° |   |   |   |

Таблица IV

| °  |    | °     |    | °  |       | °  |    | °     |    | ч м  |      |
|----|----|-------|----|----|-------|----|----|-------|----|------|------|
|    |    |       |    |    |       |    |    |       |    | 6 00 |      |
|    |    |       |    |    |       |    |    |       |    | 36   |      |
| 8  | 77 | 1 40  | 8  | 77 | 0 49  | 8  | 76 |       |    | 5 12 |      |
| 8  | 72 | 4 53  | 8  | 72 | 4 02  | 8  | 72 | 3 12  | 8  | 71   | 4 48 |
| 9  | 67 | 8 01  | 9  | 67 | 7 10  | 9  | 66 | 6 18  | 9  | 66   | 24   |
| 9  | 62 | 11 02 | 9  | 61 | 10 00 | 9  | 61 | 9 18  | 9  | 60   | 4 00 |
|    |    |       |    |    |       |    |    |       |    |      |      |
| 9  | 56 | 13 54 | 9  | 56 | 13 01 | 9  | 56 | 12 08 | 9  | 55   | 3 36 |
| 9  | 53 | 15 43 | 9  | 52 | 14 49 | 9  | 52 | 13 55 | 9  | 51   | 20   |
| 9  | 49 | 17 26 | 9  | 49 | 16 32 | 9  | 48 | 15 37 | 9  | 48   | 3 04 |
| 9  | 45 | 19 04 | 9  | 45 | 18 09 | 9  | 44 | 17 14 | 9  | 44   | 2 48 |
| 9  | 41 | 20 35 | 9  | 41 | 19 39 | 9  | 40 | 18 43 | 9  | 40   | 32   |
| 9  | 37 | 21 59 | 9  | 37 | 21 03 | 9  | 36 | 20 06 | 9  | 36   | 16   |
| 10 | 33 | 23 16 | 10 | 33 | 22 19 | 10 | 32 | 21 21 | 10 | 32   | 2 00 |
|    |    |       |    |    |       |    |    |       |    |      |      |
| 10 | 31 | 23 51 | 10 | 31 | 22 54 | 10 | 30 | 21 56 | 10 | 30   | 1 52 |
| 10 | 29 | 24 24 | 10 | 29 | 23 26 | 10 | 28 | 22 29 | 10 | 28   | 44   |
| 10 | 27 | 24 55 | 10 | 27 | 23 57 | 10 | 26 | 22 59 | 10 | 26   | 36   |
| 10 | 25 | 25 24 | 10 | 24 | 24 26 | 10 | 24 | 23 28 | 10 | 24   | 28   |
| 10 | 22 | 25 51 | 10 | 22 | 24 52 | 10 | 22 | 23 54 | 10 | 22   | 20   |
|    |    |       |    |    |       |    |    |       |    |      |      |
| 10 | 20 | 26 15 | 10 | 20 | 25 16 | 10 | 20 | 24 17 | 10 | 20   | 12   |
| 10 | 18 | 26 37 | 10 | 18 | 25 37 | 10 | 18 | 24 38 | 10 | 17   | 1 04 |
| 10 | 16 | 26 56 | 10 | 16 | 25 57 | 10 | 16 | 24 57 | 10 | 15   | 56   |
| 10 | 14 | 27 12 | 10 | 13 | 26 13 | 10 | 13 | 25 14 | 10 | 13   | 48   |
| 10 | 11 | 27 27 | 10 | 11 | 26 28 | 10 | 11 | 25 28 | 10 | 11   | 40   |
|    |    |       |    |    |       |    |    |       |    |      |      |
| 10 | 9  | 27 39 | 10 | 9  | 26 39 | 10 | 9  | 25 39 | 10 | 9    | 32   |
| 10 | 7  | 27 48 | 10 | 7  | 26 48 | 10 | 7  | 25 48 | 10 | 7    | 24   |
| 10 | 5  | 27 55 | 10 | 5  | 26 55 | 10 | 4  | 25 55 | 10 | 4    | 16   |
| 10 | 2  | 27 59 | 10 | 2  | 26 59 | 10 | 2  | 25 59 | 10 | 2    | 08   |
| 10 | 0  | 28 00 | 10 | 0  | 27 00 | 10 | 0  | 26 00 | 10 | 0    | 0 00 |

| f   | A | h   | f | A | h   | f | A | h   | f | A | t |
|-----|---|-----|---|---|-----|---|---|-----|---|---|---|
|     |   |     |   |   |     |   |   |     |   |   | δ |
|     |   |     |   |   |     |   |   |     |   |   |   |
| -5° |   | -6° |   |   | -7° |   |   | -8° |   |   |   |

$$\varphi = 56^{\circ}$$

$$\varphi = 56^\circ$$

| t    | 9°    |    |     | 10°   |    |     | 11°   |    |     | 12°   |    |
|------|-------|----|-----|-------|----|-----|-------|----|-----|-------|----|
|      | h     | f  | A   | h     | f  | A   | h     | f  | A   | h     | f  |
| 0 00 | 43 00 | 10 | 0   | 44 00 | 10 | 0   | 45 00 | 10 | 0   | 46 00 | 10 |
| 08   | 42 58 | 10 | 3   | 43 58 | 10 | 3   | 44 58 | 10 | 3   | 45 58 | 10 |
| 16   | 42 54 | 10 | 5   | 43 54 | 10 | 5   | 44 53 | 10 | 6   | 45 53 | 10 |
| 24   | 42 46 | 10 | 8   | 43 46 | 10 | 8   | 44 45 | 10 | 8   | 45 45 | 10 |
| 32   | 42 35 | 10 | 11  | 43 34 | 10 | 11  | 44 34 | 10 | 11  | 45 34 | 10 |
| 40   | 42 21 | 10 | 13  | 43 20 | 10 | 14  | 44 20 | 10 | 14  | 45 19 | 10 |
| 48   | 42 04 | 10 | 16  | 43 03 | 10 | 16  | 44 02 | 10 | 17  | 45 01 | 10 |
| 56   | 41 44 | 10 | 19  | 42 43 | 10 | 19  | 43 42 | 10 | 19  | 44 40 | 10 |
| 1 04 | 41 21 | 10 | 21  | 42 19 | 10 | 22  | 43 18 | 10 | 22  | 44 17 | 10 |
| 12   | 40 55 | 10 | 24  | 41 53 | 10 | 24  | 42 52 | 10 | 24  | 43 50 | 10 |
| 20   | 40 27 | 10 | 26  | 41 25 | 10 | 27  | 42 23 | 10 | 27  | 43 21 | 10 |
| 28   | 39 55 | 10 | 29  | 40 53 | 10 | 29  | 41 51 | 10 | 30  | 42 48 | 10 |
| 36   | 39 22 | 10 | 31  | 40 19 | 10 | 32  | 41 16 | 10 | 32  | 42 13 | 10 |
| 44   | 38 46 | 9  | 34  | 39 43 | 9  | 34  | 40 40 | 9  | 35  | 41 36 | 9  |
| 52   | 38 07 | 9  | 36  | 39 04 | 9  | 37  | 40 00 | 9  | 37  | 40 57 | 9  |
| 2 00 | 37 27 | 9  | 38  | 38 23 | 9  | 39  | 39 19 | 9  | 39  | 40 15 | 9  |
| 16   | 35 59 | 9  | 43  | 36 54 | 9  | 44  | 37 50 | 9  | 44  | 38 45 | 9  |
| 32   | 34 24 | 9  | 47  | 35 18 | 9  | 48  | 36 13 | 9  | 49  | 37 07 | 9  |
| 48   | 32 42 | 9  | 52  | 33 35 | 9  | 52  | 34 29 | 9  | 53  | 35 22 | 9  |
| 3 04 | 30 53 | 9  | 56  | 31 46 | 9  | 56  | 32 39 | 9  | 57  | 33 32 | 9  |
| 20   | 29 00 | 9  | 60  | 20 52 | 9  | 60  | 30 44 | 9  | 61  | 31 36 | 9  |
| 36   | 27 01 | 9  | 64  | 27 53 | 9  | 64  | 28 44 | 9  | 65  | 29 36 | 9  |
| 4 00 | 23 57 | 8  | 69  | 24 48 | 8  | 70  | 25 38 | 8  | 71  | 26 29 | 8  |
| 24   | 20 45 | 8  | 75  | 21 35 | 8  | 75  | 22 26 | 8  | 76  | 23 15 | 8  |
| 48   | 17 29 | 8  | 80  | 18 19 | 8  | 81  | 19 08 | 8  | 81  | 19 58 | 8  |
| 5 12 | 14 09 | 8  | 85  | 14 59 | 8  | 86  | 15 48 | 8  | 86  | 16 37 | 8  |
| 36   | 9 41  | 8  | 92  | 11 38 | 8  | 91  | 12 27 | 8  | 91  | 13 16 | 8  |
| 6 00 | 7 27  | 8  | 95  | 8 17  | 8  | 95  | 9 06  | 8  | 96  | 9 56  | 8  |
| 24   | 4 08  | 8  | 100 | 4 58  | 8  | 101 | 5 47  | 8  | 101 | 6 37  | 8  |
| 48   | 0 51  | 8  | 105 | 1 41  | 8  | 105 | 2 32  | 8  | 106 | 3 22  | 8  |
| 7 12 |       |    |     |       |    |     |       |    |     | 0 12  | 8  |
| 36   |       |    |     |       |    |     |       |    |     |       |    |

Таблица IV

| 13° |       |    | 14° |       |    | 15° |       |    | 16° |       |    |     |
|-----|-------|----|-----|-------|----|-----|-------|----|-----|-------|----|-----|
| A   | h     | f  | A   | h     | f  | A   | h     | f  | A   | h     | f  | A   |
| 0   | 47 00 | 10 | 0   | 48 00 | 10 | 0   | 49 00 | 10 | 0   | 50 00 | 10 | 0   |
| 3   | 46 58 | 10 | 3   | 47 58 | 10 | 3   | 48 58 | 10 | 3   | 49 58 | 10 | 3   |
| 6   | 46 53 | 10 | 6   | 47 53 | 10 | 6   | 48 53 | 10 | 6   | 49 53 | 10 | 6   |
| 8   | 46 45 | 10 | 9   | 47 45 | 10 | 9   | 48 44 | 10 | 9   | 49 44 | 10 | 9   |
| 11  | 46 33 | 10 | 11  | 47 33 | 10 | 12  | 48 32 | 10 | 12  | 49 32 | 10 | 12  |
| 14  | 46 18 | 10 | 14  | 47 18 | 10 | 14  | 48 17 | 10 | 15  | 49 17 | 10 | 15  |
| 17  | 46 00 | 10 | 17  | 47 00 | 10 | 17  | 47 59 | 10 | 17  | 48 58 | 10 | 18  |
| 19  | 46 39 | 10 | 20  | 46 38 | 10 | 20  | 47 37 | 10 | 20  | 48 36 | 10 | 21  |
| 22  | 45 15 | 10 | 22  | 46 14 | 10 | 23  | 47 12 | 10 | 23  | 48 11 | 10 | 23  |
| 25  | 44 48 | 10 | 25  | 45 46 | 10 | 25  | 46 45 | 10 | 26  | 47 43 | 10 | 26  |
| 27  | 44 18 | 10 | 28  | 45 16 | 10 | 28  | 46 14 | 10 | 29  | 47 12 | 10 | 29  |
| 30  | 43 46 | 10 | 30  | 44 43 | 10 | 31  | 45 40 | 10 | 31  | 46 38 | 10 | 32  |
| 33  | 43 11 | 10 | 33  | 44 08 | 9  | 33  | 45 05 | 9  | 34  | 46 01 | 9  | 34  |
| 35  | 42 33 | 9  | 35  | 43 29 | 9  | 36  | 44 26 | 9  | 36  | 45 22 | 9  | 37  |
| 37  | 41 53 | 9  | 38  | 42 49 | 9  | 38  | 43 45 | 9  | 39  | 44 41 | 9  | 39  |
| 40  | 41 10 | 9  | 40  | 42 06 | 9  | 41  | 43 02 | 9  | 41  | 43 57 | 9  | 42  |
| 45  | 39 39 | 9  | 45  | 40 34 | 9  | 46  | 41 29 | 9  | 46  | 42 23 | 9  | 47  |
| 49  | 38 01 | 9  | 50  | 38 55 | 9  | 50  | 39 48 | 9  | 51  | 40 42 | 9  | 51  |
| 53  | 36 15 | 9  | 54  | 37 08 | 9  | 55  | 38 01 | 9  | 55  | 38 54 | 9  | 56  |
| 58  | 34 24 | 9  | 58  | 35 16 | 9  | 59  | 36 09 | 9  | 59  | 37 00 | 9  | 60  |
| 62  | 32 28 | 9  | 62  | 33 19 | 9  | 63  | 34 11 | 9  | 63  | 35 02 | 9  | 64  |
| 66  | 30 27 | 9  | 66  | 31 18 | 8  | 67  | 32 09 | 8  | 67  | 32 59 | 8  | 68  |
| 71  | 27 19 | 8  | 72  | 28 09 | 8  | 72  | 28 59 | 8  | 73  | 29 49 | 8  | 74  |
| 77  | 24 05 | 8  | 77  | 24 55 | 8  | 78  | 25 44 | 8  | 78  | 26 34 | 8  | 79  |
| 82  | 20 47 | 8  | 82  | 21 36 | 8  | 83  | 22 26 | 8  | 84  | 23 15 | 8  | 84  |
| 86  | 17 27 | 8  | 87  | 18 16 | 8  | 88  | 19 05 | 8  | 89  | 19 54 | 8  | 89  |
| 92  | 14 05 | 8  | 92  | 14 54 | 8  | 93  | 15 44 | 8  | 94  | 16 32 | 8  | 94  |
| 97  | 10 45 | 8  | 97  | 11 34 | 8  | 98  | 12 23 | 8  | 99  | 13 13 | 8  | 99  |
| 102 | 7 27  | 8  | 102 | 8 16  | 8  | 103 | 9 06  | 8  | 103 | 9 55  | 8  | 104 |
| 107 | 4 22  | 8  | 107 | 5 02  | 8  | 108 | 5 52  | 8  | 108 | 6 42  | 8  | 109 |
| 112 | 1 02  | 8  | 112 | 1 53  | 8  | 113 | 2 44  | 8  | 113 | 3 35  | 8  | 114 |
|     |       |    |     |       |    |     |       |    |     | 0 34  | 8  | 119 |



Таблица IV

|    |    |       |    |    |       |    |    |       |    |    | ч м  |
|----|----|-------|----|----|-------|----|----|-------|----|----|------|
|    |    |       |    |    |       |    |    |       |    |    | 4 48 |
| 9  | 63 | 1 09  | 9  | 62 | 0 18  | 9  | 62 |       |    |    | 24   |
| 9  | 58 | 4 03  | 9  | 57 | 3 11  | 9  | 57 | 2 18  | 9  | 56 | 4 00 |
| 9  | 53 | 6 48  | 9  | 52 | 5 54  | 9  | 52 | 5 01  | 9  | 51 | 36   |
| 9  | 49 | 8 31  | 9  | 49 | 7 37  | 9  | 48 | 6 43  | 9  | 48 | 20   |
| 9  | 46 | 10 10 | 9  | 45 | 9 15  | 9  | 45 | 8 20  | 9  | 44 | 3 04 |
| 9  | 42 | 11 42 | 9  | 41 | 10 46 | 9  | 41 | 9 51  | 9  | 41 | 2 48 |
| 9  | 38 | 13 07 | 9  | 38 | 12 11 | 9  | 37 | 11 15 | 9  | 37 | 32   |
| 9  | 34 | 14 26 | 9  | 34 | 13 29 | 9  | 34 | 12 32 | 9  | 33 | 16   |
| 10 | 31 | 15 38 | 10 | 30 | 14 40 | 10 | 30 | 13 43 | 10 | 30 | 2 00 |
| 10 | 29 | 16 10 | 10 | 28 | 15 13 | 10 | 28 | 14 15 | 10 | 28 | 1 52 |
| 10 | 27 | 16 41 | 10 | 26 | 15 43 | 10 | 26 | 14 45 | 10 | 26 | 44   |
| 10 | 25 | 17 10 | 10 | 24 | 16 12 | 10 | 24 | 15 13 | 10 | 24 | 36   |
| 10 | 23 | 17 36 | 10 | 22 | 16 38 | 10 | 22 | 15 40 | 10 | 22 | 28   |
| 10 | 21 | 18 01 | 10 | 20 | 17 02 | 10 | 20 | 16 04 | 10 | 20 | 20   |
| 10 | 19 | 18 23 | 10 | 18 | 17 24 | 10 | 18 | 16 25 | 10 | 18 | 12   |
| 10 | 17 | 18 43 | 10 | 16 | 17 44 | 10 | 16 | 16 45 | 10 | 16 | 1 04 |
| 10 | 15 | 19 01 | 10 | 14 | 18 02 | 10 | 14 | 17 02 | 10 | 14 | 0 56 |
| 19 | 12 | 19 17 | 10 | 12 | 18 17 | 10 | 12 | 17 18 | 10 | 12 | 48   |
| 10 | 10 | 19 30 | 10 | 10 | 18 30 | 10 | 10 | 17 31 | 10 | 10 | 40   |
| 10 | 8  | 19 41 | 10 | 8  | 18 41 | 10 | 8  | 17 41 | 10 | 8  | 32   |
| 10 | 6  | 19 49 | 10 | 6  | 18 49 | 10 | 6  | 17 49 | 10 | 6  | 24   |
| 10 | 4  | 19 55 | 10 | 4  | 18 55 | 10 | 4  | 17 55 | 10 | 4  | 16   |
| 10 | 2  | 19 59 | 10 | 2  | 18 59 | 10 | 2  | 17 59 | 10 | 2  | 08   |
| 10 | 0  | 20 00 | 10 | 0  | 19 00 | 10 | 0  | 18 00 | 10 | 0  | 0 00 |

| f    | A | h    | f | A | h    | f | A | h    | f | A | t |
|------|---|------|---|---|------|---|---|------|---|---|---|
|      |   |      |   |   |      |   |   |      |   |   | δ |
| -13° |   | -14° |   |   | -15° |   |   | -16° |   |   |   |

$$\varphi = 56^\circ$$

| t    | 17°   |    |     | 18°   |    |     | 19°   |    |     | 20°   |    |
|------|-------|----|-----|-------|----|-----|-------|----|-----|-------|----|
|      | h     | f  | A   | h     | f  | A   | h     | f  | A   | h     | f  |
| 0 00 | 51 00 | 10 | 0   | 52 00 | 10 | 0   | 53 00 | 10 | 0   | 54 00 | 10 |
| 08   | 50 58 | 10 | 3   | 51 58 | 10 | 3   | 52 58 | 10 | 3   | 53 58 | 10 |
| 16   | 50 53 | 10 | 6   | 51 53 | 10 | 6   | 52 53 | 10 | 6   | 53 53 | 10 |
| 24   | 50 44 | 10 | 9   | 51 44 | 10 | 9   | 52 44 | 10 | 9   | 53 43 | 10 |
| 32   | 50 32 | 10 | 12  | 51 31 | 10 | 12  | 52 31 | 10 | 12  | 53 30 | 10 |
| 40   | 50 16 | 10 | 15  | 51 15 | 10 | 15  | 52 15 | 10 | 16  | 53 14 | 10 |
| 48   | 49 57 | 10 | 18  | 50 56 | 10 | 18  | 51 55 | 10 | 19  | 52 54 | 10 |
| 56   | 49 35 | 10 | 21  | 50 33 | 10 | 21  | 51 32 | 10 | 22  | 52 30 | 10 |
| 1 04 | 49 09 | 10 | 24  | 50 07 | 10 | 24  | 51 06 | 10 | 25  | 52 04 | 10 |
| 12   | 48 41 | 10 | 27  | 49 38 | 10 | 27  | 50 36 | 10 | 27  | 51 34 | 10 |
| 20   | 48 09 | 10 | 29  | 49 06 | 10 | 30  | 50 04 | 10 | 30  | 51 01 | 10 |
| 28   | 47 35 | 10 | 32  | 48 32 | 9  | 33  | 49 29 | 9  | 33  | 50 25 | 9  |
| 36   | 46 58 | 9  | 35  | 47 54 | 9  | 35  | 48 51 | 9  | 36  | 49 47 | 9  |
| 44   | 46 18 | 9  | 37  | 47 14 | 9  | 38  | 48 10 | 9  | 38  | 49 06 | 9  |
| 52   | 45 37 | 9  | 40  | 46 32 | 9  | 40  | 47 27 | 9  | 41  | 48 22 | 9  |
| 2 00 | 44 52 | 9  | 42  | 45 47 | 9  | 43  | 46 42 | 9  | 44  | 47 37 | 9  |
| 16   | 43 18 | 9  | 47  | 44 12 | 9  | 48  | 45 06 | 9  | 48  | 45 59 | 9  |
| 32   | 41 35 | 9  | 52  | 42 29 | 9  | 53  | 43 22 | 9  | 53  | 44 14 | 9  |
| 48   | 39 47 | 9  | 56  | 40 39 | 9  | 57  | 41 31 | 9  | 58  | 42 23 | 9  |
| 3 04 | 37 52 | 9  | 61  | 38 44 | 9  | 61  | 39 35 | 9  | 62  | 40 26 | 8  |
| 20   | 35 53 | 8  | 65  | 36 44 | 8  | 65  | 37 34 | 8  | 66  | 38 25 | 8  |
| 3 36 | 33 50 | 8  | 69  | 34 40 | 8  | 69  | 38 30 | 8  | 70  | 36 20 | 8  |
| 4 00 | 30 39 | 8  | 74  | 31 28 | 8  | 75  | 32 18 | 8  | 76  | 38 07 | 8  |
| 24   | 27 23 | 8  | 80  | 28 12 | 8  | 80  | 29 01 | 8  | 81  | 29 49 | 8  |
| 48   | 24 03 | 8  | 85  | 24 52 | 8  | 86  | 25 41 | 8  | 86  | 26 29 | 8  |
| 5 12 | 20 42 | 8  | 90  | 21 31 | 8  | 91  | 22 20 | 8  | 91  | 23 08 | 8  |
| 36   | 17 21 | 8  | 95  | 18 10 | 8  | 95  | 18 59 | 8  | 96  | 19 47 | 8  |
| 6 00 | 14 02 | 8  | 100 | 14 51 | 8  | 100 | 15 40 | 8  | 101 | 16 28 | 8  |
| 24   | 10 45 | 8  | 105 | 11 34 | 8  | 105 | 12 24 | 8  | 106 | 13 13 | 8  |
| 48   | 7 32  | 8  | 109 | 8 22  | 8  | 110 | 9 12  | 8  | 110 | 10 02 | 8  |
| 7 12 | 4 25  | 8  | 114 | 5 16  | 8  | 115 | 6 07  | 8  | 115 | 6 58  | 8  |
| 36   | 1 26  | 9  | 119 | 2 17  | 9  | 120 | 3 09  | 9  | 120 | 4 00  | 9  |
| 8 00 |       |    |     |       |    |     | 0 19  | 9  | 125 | 1 11  | 9  |
| 24   |       |    |     |       |    |     |       |    |     |       |    |

Таблица IV.

| A   | 21°   |    |     | 22°   |    |     | 23°   |    |     | 24°   |    |     |
|-----|-------|----|-----|-------|----|-----|-------|----|-----|-------|----|-----|
|     | h     | f  | A   | h     | f  | A   | h     | f  | A   | h     | f  | A   |
| 0   | 55 00 | 10 | 0   | 56 00 | 10 | 0   | 57 00 | 10 | 0   | 58 00 | 10 | 0   |
| 3   | 54 58 | 10 | 3   | 55 58 | 10 | 3   | 56 58 | 10 | 3   | 57 58 | 10 | 3   |
| 6   | 54 52 | 10 | 6   | 55 52 | 10 | 7   | 56 52 | 10 | 7   | 57 52 | 10 | 7   |
| 10  | 54 43 | 10 | 10  | 55 43 | 10 | 10  | 56 42 | 10 | 10  | 57 42 | 10 | 10  |
| 13  | 54 30 | 10 | 13  | 55 29 | 10 | 13  | 56 29 | 10 | 13  | 57 28 | 10 | 14  |
| 16  | 54 13 | 10 | 16  | 55 12 | 10 | 16  | 56 11 | 10 | 17  | 57 10 | 10 | 17  |
| 19  | 53 53 | 10 | 19  | 54 51 | 10 | 20  | 55 50 | 10 | 20  | 56 49 | 10 | 20  |
| 22  | 53 29 | 10 | 22  | 54 27 | 10 | 23  | 55 26 | 10 | 23  | 56 24 | 10 | 23  |
| 25  | 53 02 | 10 | 25  | 54 00 | 10 | 26  | 54 58 | 10 | 26  | 55 55 | 10 | 27  |
| 28  | 52 32 | 10 | 28  | 53 29 | 10 | 29  | 54 26 | 10 | 29  | 55 24 | 10 | 30  |
| 31  | 51 58 | 10 | 31  | 52 55 | 10 | 32  | 53 52 | 9  | 32  | 54 49 | 9  | 33  |
| 34  | 51 22 | 9  | 34  | 52 18 | 9  | 35  | 53 15 | 9  | 35  | 54 11 | 9  | 36  |
| 36  | 50 43 | 9  | 37  | 51 39 | 9  | 37  | 52 35 | 9  | 38  | 53 30 | 9  | 39  |
| 39  | 50 02 | 9  | 40  | 50 57 | 9  | 40  | 51 52 | 9  | 41  | 52 47 | 9  | 41  |
| 42  | 49 18 | 9  | 42  | 50 12 | 9  | 43  | 51 07 | 9  | 44  | 52 02 | 9  | 44  |
| 44  | 48 31 | 9  | 45  | 49 26 | 9  | 45  | 50 20 | 9  | 46  | 51 14 | 9  | 47  |
| 49  | 46 53 | 9  | 50  | 47 46 | 9  | 50  | 48 39 | 9  | 51  | 49 32 | 9  | 53  |
| 54  | 45 07 | 9  | 55  | 45 59 | 9  | 55  | 46 51 | 9  | 56  | 47 43 | 9  | 57  |
| 58  | 43 14 | 9  | 59  | 44 06 | 9  | 60  | 44 57 | 8  | 60  | 45 48 | 8  | 61  |
| 63  | 41 17 | 8  | 63  | 42 07 | 8  | 64  | 42 58 | 8  | 65  | 43 48 | 8  | 66  |
| 67  | 39 15 | 8  | 67  | 40 05 | 8  | 68  | 40 54 | 8  | 69  | 41 44 | 8  | 70  |
| 71  | 37 09 | 8  | 71  | 37 59 | 8  | 72  | 38 48 | 8  | 73  | 39 36 | 8  | 74  |
| 76  | 33 56 | 8  | 77  | 34 44 | 8  | 78  | 35 33 | 8  | 78  | 36 21 | 8  | 79  |
| 82  | 30 38 | 8  | 82  | 31 26 | 8  | 83  | 32 14 | 8  | 84  | 33 01 | 8  | 84  |
| 87  | 27 17 | 8  | 88  | 28 05 | 8  | 88  | 28 53 | 8  | 89  | 29 40 | 8  | 90  |
| 92  | 23 56 | 8  | 92  | 24 44 | 8  | 93  | 25 32 | 8  | 94  | 26 19 | 8  | 94  |
| 97  | 20 36 | 8  | 97  | 21 24 | 8  | 98  | 22 12 | 8  | 99  | 23 00 | 8  | 99  |
| 102 | 17 17 | 8  | 102 | 18 06 | 8  | 103 | 18 54 | 8  | 103 | 19 42 | 8  | 104 |
| 107 | 14 02 | 8  | 107 | 14 51 | 8  | 107 | 15 40 | 8  | 108 | 16 29 | 8  | 109 |
| 111 | 10 52 | 8  | 112 | 11 42 | 8  | 112 | 12 32 | 8  | 113 | 13 21 | 8  | 113 |
| 116 | 7 48  | 8  | 116 | 8 39  | 8  | 117 | 9 29  | 8  | 117 | 10 20 | 8  | 118 |
| 121 | 4 52  | 9  | 121 | 5 43  | 9  | 122 | 6 35  | 9  | 122 | 7 26  | 9  | 122 |
| 126 | 2 04  | 9  | 126 | 2 57  | 9  | 126 | 3 49  | 9  | 127 | 4 41  | 9  | 127 |
|     |       |    |     | 0 20  | 9  | 131 | 1 13  | 9  | 132 | 2 07  | 9  | 132 |

|       |       |       |       |       |       |       |       |       |  |  |  |  |
|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|--|--|--|--|
| 1 26  | 9 56  | 0 34  | 9 55  |       |       |       |       |       |  |  |  |  |
| 4 08  | 9 51  | 3 14  | 9 50  | 2 21  | 9 50  | 1 27  | 9 50  | 0 34  |  |  |  |  |
| 5 49  | 9 47  | 4 55  | 9 47  | 4 01  | 9 47  | 3 06  | 9 46  | 2 12  |  |  |  |  |
| 7 25  | 9 44  | 6 30  | 9 44  | 5 35  | 9 43  | 4 40  | 9 43  | 3 46  |  |  |  |  |
| 8 55  | 9 40  | 8 00  | 9 40  | 7 04  | 9 40  | 6 08  | 9 39  | 5 13  |  |  |  |  |
| 10 19 | 9 37  | 9 22  | 9 36  | 8 26  | 9 36  | 7 30  | 9 36  | 6 34  |  |  |  |  |
| 11 36 | 9 33  | 10 39 | 9 33  | 9 42  | 9 32  | 8 34  | 9 32  | 7 48  |  |  |  |  |
| 12 45 | 10 29 | 11 48 | 10 29 | 10 50 | 10 29 | 9 53  | 10 28 | 8 55  |  |  |  |  |
| 13 17 | 10 27 | 12 19 | 10 27 | 11 21 | 10 27 | 10 24 | 10 27 | 9 25  |  |  |  |  |
| 13 47 | 10 26 | 12 49 | 10 25 | 11 51 | 10 25 | 10 53 | 10 25 | 9 55  |  |  |  |  |
| 14 15 | 10 24 | 13 17 | 10 23 | 12 18 | 10 23 | 11 20 | 10 23 | 10 22 |  |  |  |  |
| 14 41 | 10 22 | 13 42 | 10 22 | 12 44 | 10 21 | 11 45 | 10 21 | 10 46 |  |  |  |  |
| 15 05 | 10 20 | 14 06 | 10 20 | 13 07 | 10 19 | 12 08 | 10 19 | 11 09 |  |  |  |  |
| 15 26 | 10 18 | 14 27 | 10 18 | 13 28 | 10 18 | 12 29 | 10 17 | 11 30 |  |  |  |  |
| 15 46 | 10 16 | 14 47 | 10 16 | 13 47 | 10 16 | 12 48 | 10 15 | 11 49 |  |  |  |  |
| 16 03 | 10 14 | 15 04 | 10 14 | 14 04 | 10 14 | 13 05 | 10 14 | 12 05 |  |  |  |  |
| 16 18 | 10 12 | 15 19 | 10 12 | 14 19 | 10 12 | 13 19 | 10 12 | 12 20 |  |  |  |  |
| 16 31 | 10 10 | 15 31 | 10 10 | 14 32 | 10 10 | 13 32 | 10 10 | 12 32 |  |  |  |  |
| 16 41 | 10 8  | 15 42 | 10 8  | 14 42 | 10 8  | 13 42 | 10 8  | 12 42 |  |  |  |  |
| 16 50 | 10 6  | 15 50 | 10 6  | 14 50 | 10 6  | 13 50 | 10 6  | 12 50 |  |  |  |  |
| 16 55 | 10 4  | 15 55 | 10 4  | 14 56 | 10 4  | 13 56 | 10 4  | 12 56 |  |  |  |  |
| 16 59 | 10 2  | 15 59 | 10 2  | 14 59 | 10 2  | 13 59 | 10 2  | 12 59 |  |  |  |  |
| 17 00 | 10 0  | 16 00 | 10 2  | 15 00 | 10 0  | 14 00 | 10 0  | 13 00 |  |  |  |  |

| h    | f | A | h    | f | A | h    | f | A | h    | f | A | h |
|------|---|---|------|---|---|------|---|---|------|---|---|---|
| -17° |   |   | -18° |   |   | -19° |   |   | -20° |   |   |   |

Таблица IV.

|    |    |       |    |    |       |    |    |       |    |      |      |
|----|----|-------|----|----|-------|----|----|-------|----|------|------|
|    |    |       |    |    |       |    |    |       |    | 4 00 |      |
| 9  | 49 |       |    |    |       |    |    |       |    | 36   |      |
| 9  | 46 | 1 18  | 9  | 45 | 0 24  | 9  | 45 |       |    | 20   |      |
| 9  | 42 | 2 51  | 9  | 42 | 1 56  | 9  | 42 | 1 01  | 9  | 41   | 3 04 |
| 9  | 39 | 4 17  | 9  | 38 | 3 22  | 9  | 38 | 2 26  | 9  | 38   | 2 48 |
| 9  | 35 | 5 37  | 9  | 35 | 4 41  | 9  | 35 | 3 45  | 9  | 34   | 32   |
| 9  | 32 | 6 51  | 9  | 32 | 5 54  | 9  | 31 | 4 57  | 9  | 31   | 26   |
| 10 | 28 | 7 58  | 10 | 28 | 7 00  | 10 | 28 | 6 02  | 10 | 27   | 2 00 |
| 10 | 26 | 8 28  | 10 | 26 | 7 30  | 10 | 26 | 6 32  | 10 | 26   | 1 52 |
| 10 | 25 | 8 57  | 10 | 24 | 7 58  | 10 | 24 | 7 00  | 10 | 24   | 44   |
| 10 | 23 | 9 23  | 10 | 22 | 8 25  | 10 | 22 | 7 26  | 10 | 22   | 36   |
| 10 | 21 | 9 48  | 10 | 21 | 8 49  | 10 | 20 | 7 51  | 10 | 20   | 28   |
| 10 | 19 | 10 11 | 10 | 19 | 9 12  | 10 | 19 | 8 13  | 10 | 18   | 20   |
| 10 | 17 | 10 31 | 10 | 17 | 9 32  | 10 | 17 | 8 33  | 10 | 17   | 12   |
| 10 | 15 | 10 50 | 10 | 15 | 9 50  | 10 | 15 | 8 51  | 10 | 15   | 1 04 |
| 10 | 13 | 11 06 | 10 | 13 | 10 07 | 10 | 13 | 9 07  | 10 | 13   | 0 56 |
| 10 | 11 | 11 20 | 10 | 11 | 10 21 | 10 | 11 | 9 21  | 10 | 11   | 48   |
| 10 | 10 | 11 32 | 10 | 9  | 10 33 | 10 | 9  | 9 33  | 10 | 9    | 40   |
| 10 | 8  | 11 42 | 10 | 8  | 10 42 | 10 | 8  | 9 43  | 10 | 7    | 32   |
| 10 | 6  | 11 50 | 10 | 6  | 10 50 | 10 | 6  | 9 50  | 10 | 6    | 24   |
| 10 | 4  | 11 56 | 10 | 4  | 10 56 | 10 | 4  | 9 56  | 10 | 4    | 16   |
| 10 | 2  | 11 59 | 10 | 2  | 10 59 | 10 | 2  | 9 59  | 10 | 2    | 08   |
| 10 | 0  | 12 00 | 10 | 0  | 11 00 | 10 | 0  | 10 00 | 10 | 0    | 0 00 |

| f    | A | h | f    | A | h | f    | A | h | f    | A | t |   |
|------|---|---|------|---|---|------|---|---|------|---|---|---|
| -21° |   |   | -22° |   |   | -23° |   |   | -24° |   |   | δ |

$$\varphi = 56^\circ$$

## ЛИТЕРАТУРА

- Попов П. И., Баев К. Л.** и др. **Астрономия** (учебник для пединститутов) М. 1958 г.
- Куницкий Р. В.** Курс авиационной астрономии. М. 1949 г.
- Куницкий Р. В.** Авиационная астрономия, М. 1947.
- Белоборов А. П.** Мореходная астрономия, Л. 1954.
- Рыбалтовский Н. Ю.** Практическая мореходная астрономия, М. Л. 1964.
- Попов П. И.** Общедоступная практическая астрономия, М. 1958.
- Алешкевич А. С.** Астрономические наблюдения в школе, Минск, 1964.
- Статьи по астрономии в журналах «Физика в школе», «География в школе».
-

## СО Д Е Р Ж А Н И Е

|   |    |
|---|----|
| Предисловие . . . . .   | 3  |
| Круги равных высот. Определение положения наблюдателя . . . . . | 5  |
| Схематическое описание секстанта . . . . .                      | 8  |
| Схема и основные детали самодельного секстанта . . . . .        | 10 |
| Изготовление лимба и алидады . . . . .                          | 13 |
| Сборка самодельного секстанта . . . . .                         | 17 |
| Регулировка секстанта . . . . .                                 | 18 |
| Наблюдение с помощью секстанта . . . . .                        | 20 |
| Заключение . . . . .  | 25 |
| Приложение . . . . .  | 26 |
| Литература . . . . .  | 42 |

*Наталья Владимировна Лисина*

**Самодельный секстант и работа с ним.** Марийское книжное издательство, г. Йошкар-Ола, 1966.

44 стр. с илл.

52 л 63

Редактор К. П. Никонов  
Художественный редактор В. В. Вязников  
Технический редактор Е. М. Данилова  
Корректор С. Л. Малова

«Сдано в набор 14 апреля 1966 г.  
Подписано к печати 25 июля 1966 г.  
Формат 60×90<sup>1/16</sup>. Физ. печ. л. 2,75. Учетно-изд. л. 2,5.  
Тираж 1500. Заказ № 54. Э-01176. Цена 10 коп.

Марийское книжное издательство,  
г. Йошкар-Ола, Карла Маркса, 43.  
Республиканская типография Управления по печати  
при Совете Министров Мар. АССР,  
г. Йошкар-Ола, Комсомольская, 112.