

*В. А. Кормашов*

НАВИГАЦИОННАЯ  
СЧЕТНАЯ ЛИНЕЙКА  
НЛ-10

*ПОСОБИЕ ДЛЯ ЛЕТНОГО СОСТАВА*

ВОЕННОЕ ИЗДАТЕЛЬСТВО  
МИНИСТЕРСТВА ОБОРОНЫ СОЮЗА ССР  
*Москва 1956*

**В. А. Кормашов. Навигационная счетная линейка НЛ-10**  
(пособие для летного состава)

В книге дано описание устройства и назначения шкал навигационной счетной линейки НЛ-10, являющейся дальнейшим усовершенствованием линеек НЛ-7, НЛ-8 и НЛ-9. На большом числе примеров показан порядок решения при помощи НЛ-10 задач, встречающихся в практической работе летчиков и штурманов.

Книга предназначена для летного состава всех родов авиации, курсантов и слушателей авиационных военно-учебных заведений.

---

## ВВЕДЕНИЕ

Навигационная счетная линейка НЛ-10 предназначена для выполнения необходимых расчетов в полете и на земле при подготовке к полету. Она обладает рядом достоинств. При сравнительно небольших габаритах счетная линейка позволяет довольно просто и с достаточной для практических вычислений точностью решать большинство задач по самолетовождению, бомбометанию, воздушной стрельбе и т. д.

Впервые навигационная счетная линейка с прямолинейными шкалами была предложена в 1923 году советским конструктором В. Г. Немчиновым. В 1927 году штурманом ВВС Черноморского Флота Л. С. Поповым была сконструирована первая универсальная навигационная счетная линейка, которая позволяла уже производить расчеты с учетом методических ошибок барометрических высотомеров и аэродинамических указателей скорости.

В связи с совершенствованием средств самолетовождения эта линейка значительно изменялась и имела различные модификации. По настоящее время она остается необходимым счетным инструментом штурманов и летчиков и служит для приближенных вычислений.

Описываемая в данной книге навигационная счетная линейка НЛ-10 является дальнейшим

усовершенствованием предшествующих вариантов линеек этого типа (НЛ-7, НЛ-8 и НЛ-9).

Кроме задач, которые могли решаться на прежних моделях навигационной линейки, НЛ-10 дополнительно обеспечивает:

1) определение исправленной воздушной скорости по показаниям комбинированного указателя скорости КУС-1200;

2) расчет элементов разворота самолета;

3) определение пройденного самолетом пути за время от 1 минуты (секунды) до 16,6 часа (16,6 минуты);

4) измерение расстояний на картах;

5) определение исправленных значений высот по показаниям барометрического высотомера до 24 000 м.

При помощи линейки НЛ-10 значительно упрощается также решение задач по возведению чисел в квадрат и извлечению квадратных корней из них, решение комбинированных задач, в которых одновременно происходит умножение и деление как чисел, так и тригонометрических функций углов, возведение в квадрат, извлечение квадратного корня и т. д.

В первой главе дано краткое описание устройства и назначения шкал навигационной счетной линейки НЛ-10.

Во второй главе на достаточно большом числе примеров показан порядок решения основных задач, встречающихся в практической работе летчиков и штурманов.

---

# УСТРОЙСТВО НАВИГАЦИОННОЙ СЧЕТНОЙ ЛИНЕЙКИ НЛ-10

---

## ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ

### 1. Принцип устройства и расчета шкал счетной линейки

Навигационная счетная линейка НЛ-10 построена по типу логарифмических линеек.

Как известно, основные свойства логарифмов заключаются в следующем:

1) Логарифм произведения двух чисел равен сумме логарифмов чисел

$$\lg ab = \lg a + \lg b.$$

2) Логарифм частного двух чисел равен разности логарифмов делимого и делителя

$$\lg \frac{a}{b} = \lg a - \lg b.$$

3) Логарифм степени равен логарифму основания, умноженному на показатель степени

$$\lg a^2 = 2 \lg a \text{ (квадрат числа);}$$

$$\lg \sqrt{a} = \frac{1}{2} \lg a \text{ (корень квадратный из числа).}$$

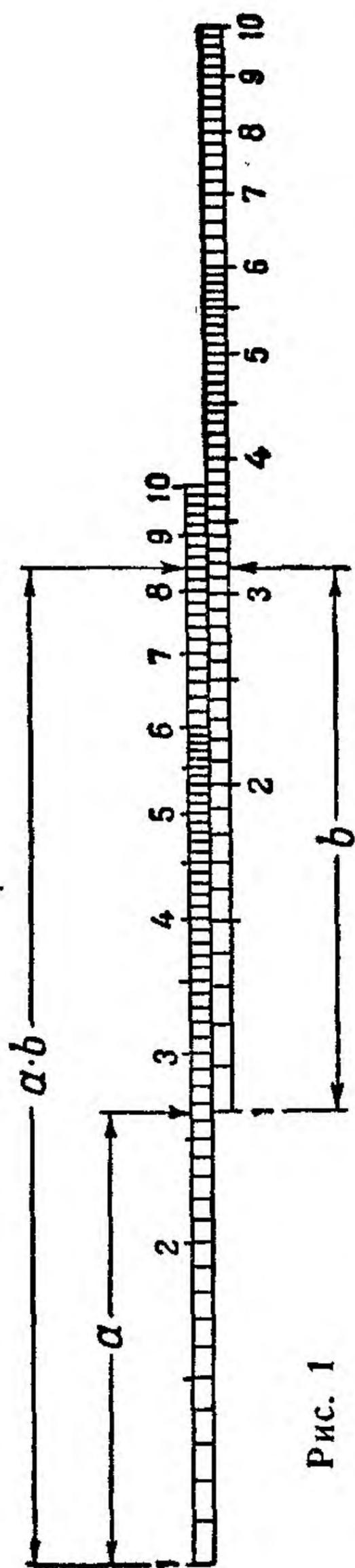


Рис. 1

Эти свойства позволяют более сложные математические действия с числами — умножение и деление, извлечение корня и возведение в квадрат — заменить простыми действиями с их логарифмами — сложением и вычитанием отрезков шкал, на которых нанесены в определенном масштабе значения логарифмов чисел (рис. 1).

Кроме того, у десятичных логарифмов (логарифмы, основанием которых является число 10) мантиссы логарифмов чисел  $N$ ,  $10N$ ,  $100N$  и т. д. равны между собой. Это позволяет на всю длину линейки нанести шкалу с одним или двумя — тремя равными интервалами от 0 до 1 (от  $\lg 1$  до  $\lg 10$ ), оцифровать их (от 1 до 10 — первый интервал, от 10 до 100 — второй и от 100 до 1000 — третий) и пользоваться ими для любых чисел, величина которых кратна 10. Так, деление 60 шкалы 1 (см. рис. 3) можно считать равным 0,6; 6; 600 и т. д.

При наличии нескольких интервалов (периодов) упрощается установка исходных величин и отсчет результатов (одним перемещением движка), но при этом деления шкалы становятся мельче и точность

отсчета снижается. Поэтому, если вычисления не связаны с решением специальных задач (пересчет приборной высоты, скорости и т. д.), лучше пользоваться шкалой с наиболее крупным масштабом (шкалы 14 и 15).

Обычно за начало логарифмической шкалы берут 1, так как  $\lg 1 = 0$ , а величина интервала (масштаб или модуль шкалы) выбирается в зависимости от размеров линейки и заданной точности вычислений. Например, на линейке НЛ-10 по всей длине нанесены три интервала от 1 до 10 (шкалы 1, 2, 5) с модулем  $M = 84$  мм, полтора интервала (шкала 6) и даже части интервалов. Обычно эти шкалы имеют размерные величины и служат для специальных целей.

В таких случаях начало шкалы вынесено за пределы размеров линейки в так называемый условный «нуль». Его положение зависит от расположения шкал линейки или от того, какой участок шкалы необходимо использовать.

Следует иметь в виду, что участки логарифмических шкал имеют неравные деления. Например, деление от 1 до 2 (от 10 до 20) неравноценно делению от 8 до 9 или от 9 до 10. Это объясняется свойством логарифмической функции, которая изменяется неравномерно с изменением величины от 1 до 10 (от 10 до 100 и т. д.).

## 2. Конструкция счетной линейки

Линейка НЛ-10 (рис. 2) имеет три основные части: корпус 1, движок 2 и визирку 3.

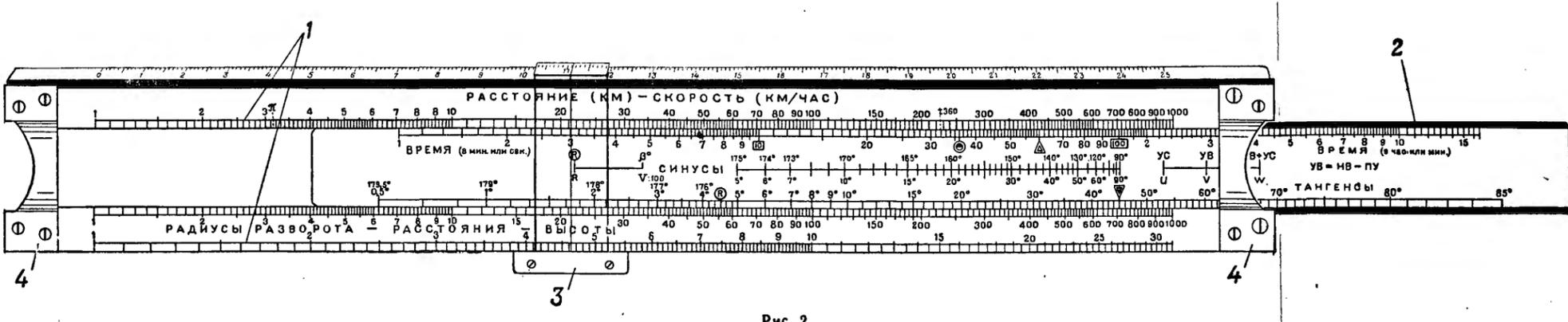


Рис. 2

Корпус линейки состоит из двух брусков, изготовленных из выдержанного дерева, стойкого к изменению температуры и влажности. С обоих концов бруски соединены двумя металлическими скрепами 4. Один из брусков имеет косой срез.

Движок, изготовленный из того же дерева, с некоторым трением может передвигаться между брусками корпуса. Он удерживается от выпадения специальными стопорами.

Шкалы специальной краской нанесены способом глубокого тиснения на белом целлулоиде (или на целлулоиде, содержащем люминесцирующий состав) и наклеены на корпус и движок линейки.

Визирка с двух сторон охватывает корпус линейки и может передвигаться вдоль него, постоянно прижимаясь к одному из брусков корпуса при помощи небольшой пружины. Рабочая часть визирки изготовлена из прозрачного целлулоида, и на обеих сторонах ее перпендикулярно шкалам нанесены риски.

Линейка имеет следующие размеры:

— длина — 29,8 см;

— ширина (по нижней части) — 4,3 см;

— толщина (без визирки) — 0,9 см.

### 3. Шкалы линейки, их назначение и построение

На счетной линейке НЛ-10 нанесено 16 вычислительных шкал, служащих для решения различных задач, и одна масштабная миллиметровая шкала. Расположение, нумерация и данные шкал показаны в таблице и на рис. 3.

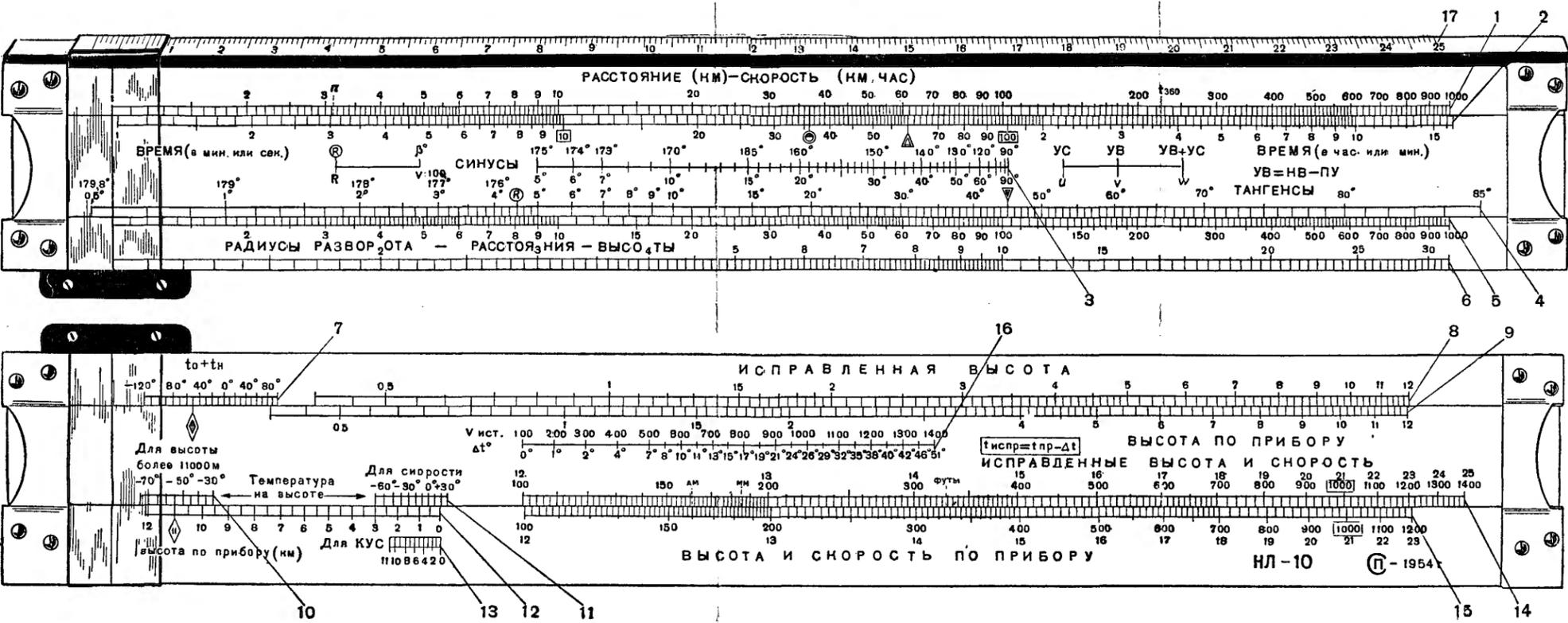


Рис. 3

Данные шкал НЛ-10

№ шкал	Наименование (назначение) шкалы	Интервал шкалы	Цена делений по интервалу шкалы	
			наименьшая	наибольшая
1	Расстояние (км) — скорость (км/час)	1—1000 км (км/час)	0,1 км (км/час)	20 км (км/час)
2	Время (в мин. или сек.) . . . . .	1 сек.— 16,6 мин.	1/6 сек.	0,5 мин.
	Время (в час. или мин.) . . . . .	1 мин.—16,6 час.	10 сек.	0,5 час.
3	Синусы . . . . .	5—90°	1°	10°
		(90—175°)		
4	Тангенсы . . . . .	0,5—85°	10'	1°
5	Радиусы разворота — расстояния — высоты . . . . .	1—1000 м (км)	0,1 м (км)	20 м (км)
6	Шкала квадратных корней . . . . .	1—31,6	0,1	0,5
7	Сумма температур $t_0 + t_H$ . . . . .	От +90 до —120°	10°	10°
8	Исправленная высота . . . . .	400—12 000 м	50 м	200 м

№ шкал	Наименование (назначенне) шкалы	Интервал шкалы	Цена делений по интервалу шкалы	
			наименьшая	наибольшая
9	Высота по прибору . . . . .	400—12 000 м	50 м	200 м
10	Температура на высоте для высоты более 11 000 м . . . . .	От —30 до —75°	5°	5°
11	Температура на высоте для скорости . . . . .	От +30 до —70°	10°	10°
12	Высота по прибору (км) . . . . .	0—12 км	0,5 км	0,5 км
13	Высота по прибору (км) для КУС	0—11 км	1 км	1 км
14	Исправленная высота и скорость . .	12—25 км 100—1400 км/час	20 м 2 км/час	200 м 20 км/час
15	Высота и скорость по прибору . . .	12—23 км 100—1200 км/час	20 м 2 км/час	200 м 20 км/час
16	Шкала поправок к термометру $\Delta t^\circ$	0—51°	1°	5°
17	Масштабная миллиметровая шкала	0—25 см	1 мм	1 мм

## Знаки и индексы, нанесенные на линейке (рис. 3)

- $\pi = 3,14$   
⋮ — отношение длины окружности к диаметру; нанесен на шкале 1 и может использоваться для решения задач, связанных с определением длины окружности;
- $t_{360}$   
⋮ — нанесен на шкале 1, служит для определения времени разворота самолета на  $360^\circ$ ;
- ⊖ — нанесен красной краской на шкале 2, служит для перевода скоростей, выраженных в *км/час*, в *м/сек* и обратно, соответствует делению 36;
- △ — нанесен красной краской на шкале 2, служит для решения задач, связанных с определением времени полета, пройденного расстояния и путевой скорости, соответствует делению 60 минут или 1 час (60 секунд или 1 минута);
- 10 100 — нанесены на шкале 2 и могут использоваться как начальные или конечные штрихи шкалы;
- Ⓜ — нанесен красной краской на шкале 4 и служит для решения задач по определению радиуса разворота самолета;
- ▽ — нанесен на шкале 4, соответствует делению  $45^\circ$  и используется для решения задач, в которые входят тригонометрические функции углов;



— нанесен на движке под шкалой 7 и служит для решения задач по определению показаний барометрических высотомеров в полете до высоты 12 000 м;



— нанесен на шкале 12 и служит для решения задач по определению показаний барометрических высотомеров в полете для высот более 12 000 м;

1000

1000

— нанесены на шкалах 14 и 15 и служат для обозначения десятичных интервалов шкал, используются для умножения и деления чисел;

10°

— деление шкалы 4, используется при решении задач по определению времени разворота самолета на 360°.

Для решения задач несколько шкал линейки НЛ-10, как правило, используются одновременно. Шкалы, при помощи которых производят решение задач по определенным формулам, называются смежными. Обычно они построены по одному закону и в одном масштабе.

Рассмотрим последовательно назначение и построение всех смежных шкал линейки НЛ-10.

Шкалы 1 — расстояние (км) — скорость км/час, 2 — время (в мин. или сек.) — время (в час. или мин.) в основном служат для решения формулы

$$S = Wt, \quad (1)$$

где  $S$  — расстояние в км (м);

$W$  — путевая скорость в км/час (м/сек);

$t$  — время полета в час., мин. или сек.

Если прологарифмировать формулу (1) и умножить ее почленно на выбранный модуль шкалы  $M$  (для шкалы 1 и 2  $M = 84$  мм), получим формулу, по которой построены шкалы 1 и 2,

$$84 \lg S = 84 \lg W + 84 \lg t. \quad (2)$$

На корпусе линейки на неподвижной шкале 1 в определенном масштабе нанесены деления, соответствующие значению логарифмов чисел от 1 до 1000, имеющих размерность расстояния в м или км и скорости в км/час или м/сек. Эти значения в 10, 100 и т. д. раз можно увеличивать или уменьшать. На нижней подвижной шкале 2 (на движке линейки) в том же масштабе нанесены деления, соответствующие значению логарифмов чисел от 1 до 1000, но оцифрованные в единицах времени от 1 минуты до 16,6 часа или от 1 секунды до 16,6 минуты. В середине шкалы имеется выделенный индексами  $\boxed{10}$  и  $\boxed{100}$  десятичный интервал, которым пользуются одновременно со шкалой 1 при умножении и делении безразмерных величин.

На рис. 4 показана схема решения задач по этим шкалам. Значение путевой скорости  $W$  км/час устанавливается и отсчитывается по шкале 1 против индекса  $\triangle$ , если время берется в минутах или часах, либо против индекса  $\odot$ , если время берется в секундах.

Шкалы 3 — синусы, 4 — тангенсы и 5 — радиусы разворота — расстояния — высоты предназначены для решения формул

$$S = H \operatorname{tg} \alpha \text{ — на шкалах 4 и 5} \quad (3)$$

и

$$S_1 = H \sin \alpha \text{ — на шкалах 3 и 5,} \quad (4)$$

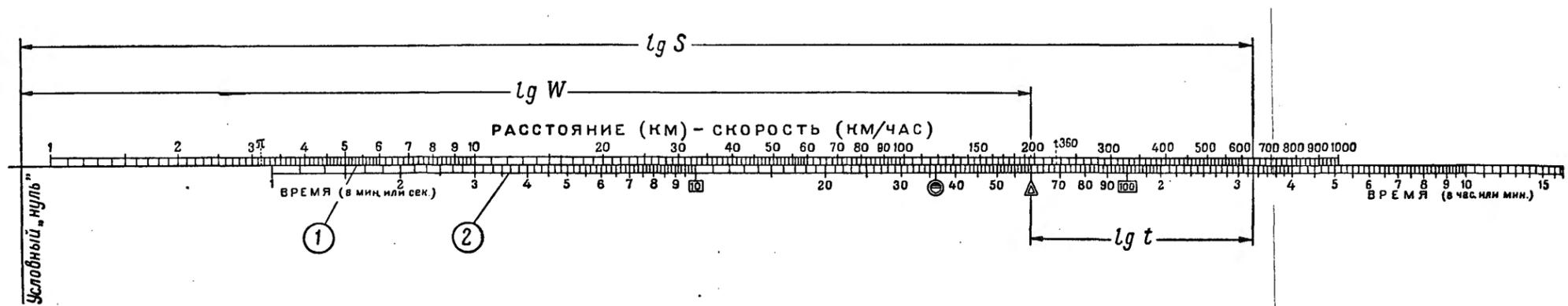


Рис. 4

где  $S$  и  $S_1$  — расстояние в  $m$  или  $км$ ;

$H$  — высота в  $m$  или  $км$ ;

$\alpha$  — угол в град.

Масштаб построения этих шкал взят тот же, что и для шкал 1 и 2. Если прологарифмировать выражения (3) и (4) и умножить на модуль, получим рабочие формулы для построения шкал

$$84 \lg S = 84 \lg H + 84 \lg \operatorname{tg} \alpha; \quad (5)$$

$$84 \lg S_1 = 84 \lg H + 84 \lg \sin \alpha. \quad (6)$$

На неподвижной шкале 5 на корпусе линейки нанесены деления, соответствующие значению логарифмов чисел от 1 до 1000 (шкала 5 одинакова со шкалой 1), которые можно принимать за расстояния, высоты и радиусы разворота самолета в  $m$  или  $км$ . На движке нанесены логарифмы значений тангенсов углов от  $0,5$  до  $85^\circ$  (шкала 4) и логарифмы значений синусов углов от  $5$  до  $90^\circ$  или от  $175$  до  $90^\circ$  (шкала 3).

Шкала 6 является дополнительной и может использоваться совместно со шкалами 1, 2, 3, 4 и 5. Она построена в 2 раза крупнее по масштабу, т. е. имеет модуль  $M = 168 \text{ м}$  и ее деления соответствуют значениям логарифмов чисел от  $\sqrt{1}$  до  $\sqrt{1000}$ , т. е. являются корнями квадратными величин, нанесенных на шкалах 1 и 5. Шкала 6 служит для решения задач по определению радиуса разворота самолета, для извлечения корней квадратных из чисел и возведения их в квадрат, а также используется при решении комбинированных задач.

На рис. 5 показана схема решения задач по шкалам 3, 4, 5 и 6

Шкалы 7 — сумма температур ( $t_0 + t_H$ ), 8 — исправленная высота, 9 — высота

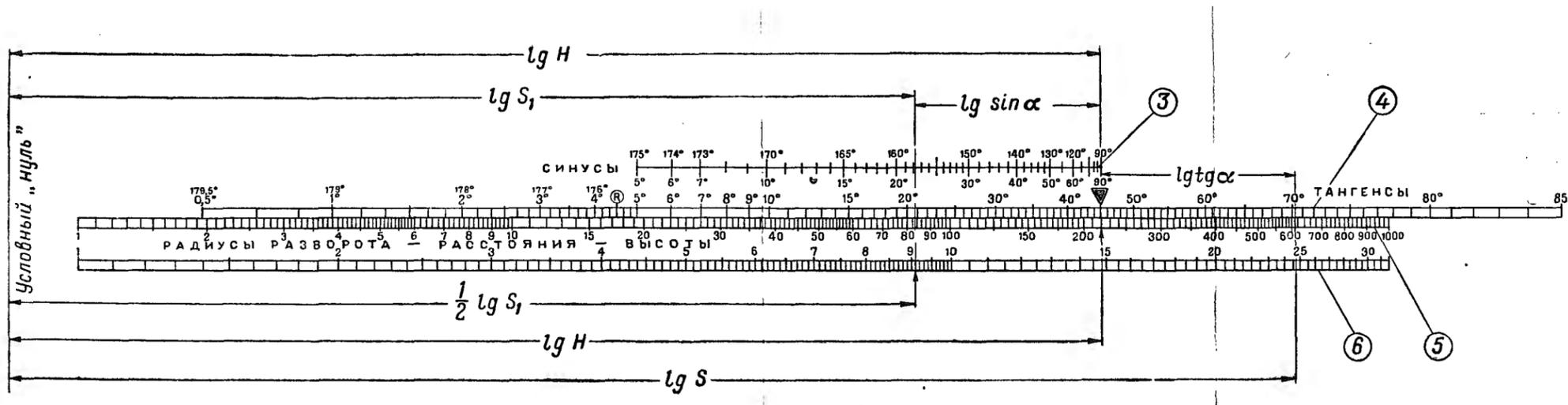


Рис. 5

по прибору и индекс  $\diamond$  служат для пересчета показаний барометрических высотомеров, построенных на принципе замера статического давления воздуха на высоте полета, в исправленное значение высоты с целью учета методической ошибки высотомера, являющейся следствием того, что фактическая средняя температура столба воздуха не совпадает с расчетной, принятой для построения шкалы высотомера по условиям международной стандартной атмосферы (МСА). Задача пересчета высоты решается по формуле

$$\frac{H}{H_{\text{пр}}} = \frac{T_{\text{ср}}}{T_{0\text{ст}} - \frac{\Gamma}{2} H_{\text{пр}}}, \quad (7)$$

где  $H$  — исправленное значение высоты;

$H_{\text{пр}}$  — высота по прибору;

$T_{\text{ср}}$  — средняя абсолютная температура столба воздуха;

$\Gamma$  — вертикальный температурный градиент, равный 0,0065 град. на 1 м;

$T_{0\text{ст}}$  — стандартная температура у земли, равная 288°.

Если прологарифмировать формулу (7), умножить ее почленно на модуль шкалы  $M = 140 \text{ мм}$  и обозначить выражение

$$\frac{H_{\text{пр}}}{T_{0\text{ст}} - \frac{\Gamma}{2} H_{\text{пр}}}$$

через  $\omega$ , то после некоторых преобразований получим формулу для построения шкал 7, 8 и 9

$$140 \lg H = 140 \lg \omega + 140 \lg T_{\text{ср}}. \quad (8)$$

На верхней неподвижной шкале 7 нанесены логарифмы чисел, соответствующие сумме тем-

ператур на земле и высоте полета  $t_0 + t_H$  в диапазоне от  $+90$  до  $-120^\circ$ , это исключает ненужную операцию по определению средней температуры, которая выполнялась на НЛ-7. На шкале 8 на корпусе линейки нанесены логарифмы чисел, соответствующие исправленному значению высоты полета в диапазоне от 400 до 12 000 м.

На подвижной шкале 9 (на движке) нанесены логарифмы величины  $\omega$ , соответствующие значению высоты полета по прибору от 400 до 12 000 м.

На рис. 6 показана схема решения задачи по шкалам 7, 8 и 9.

Шкалы 10 — температура для высоты более 11 000 м, 14 — исправленная высота и скорость, 15 — высота и скорость по прибору и индекс  $\diamond$  служат для пересчета показаний барометрических высотомеров в исправленные значения высоты для высот более 12 000 м с целью учета методической ошибки, являющейся следствием того, что фактическая температура воздуха на высоте полета более 11 000 м не является постоянной и не равна расчетной  $56,5^\circ\text{C}$ , принятой для построения шкалы высотомера.

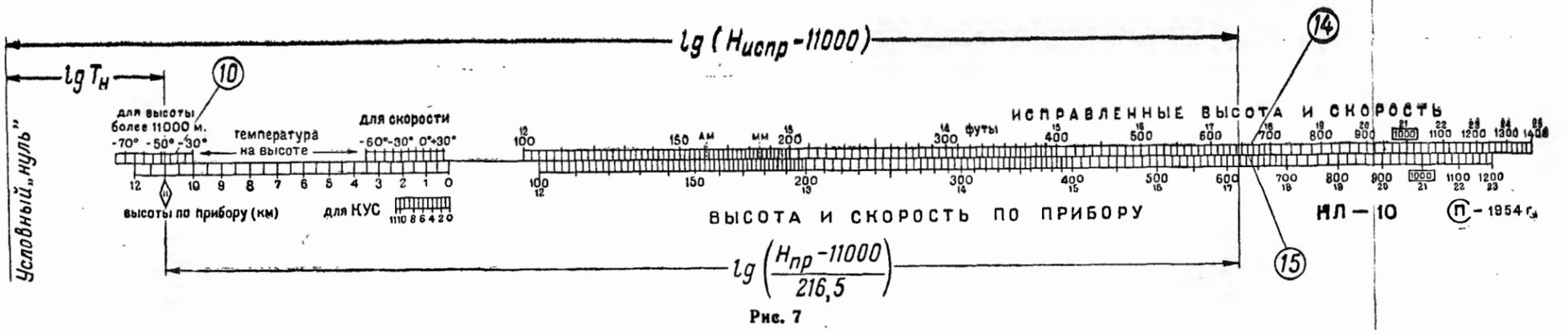
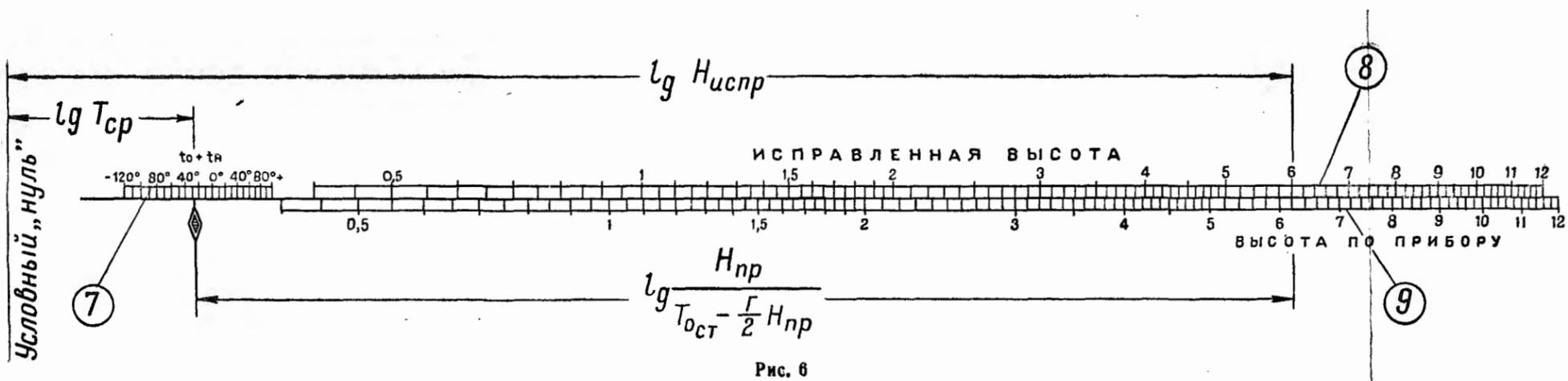
Задача пересчета высоты в этом случае решается по формуле

$$H - 11\,000 = \frac{T_H}{216,5} (H_{\text{пр}} - 11\,000), \quad (9)$$

где  $H$  — истинное значение высоты;

$H_{\text{пр}}$  — приборное значение высоты;

$T_H$  — абсолютная температура на высоте.



Логарифмируя формулу (9) и умножая на модуль шкалы  $M = 155$ , получим формулу для построения шкал 10, 14 и 15

$$155 \lg (H - 11\,000) = 155 \lg (H_{\text{пр}} - 11\,000) + \\ + 155 \lg T_H - 155 \lg 216,5. \quad (10)$$

На верхней подвижной шкале 10 нанесены логарифмы чисел, соответствующие температуре на высоте полета в диапазоне от  $-30$  до  $-75^\circ\text{C}$ , и на шкале 14 (верхняя оцифровка шкалы) — логарифмы чисел, соответствующие исправленному значению высоты в диапазоне от 12 до 25 км. На нижней неподвижной шкале 15 нанесены логарифмы чисел, соответствующие значению высоты по прибору от 12 до 23 км (нижняя оцифровка). Установочный индекс  $\diamond 11$  совмещен с делением шкалы 12, равным 11 км. Кроме того, при пересчете высоты полета более 12 000 м по этим шкалам к значению высоты, отсчитанному по шкале 14, необходимо прибавить поправку  $\Delta H = 900 + 20(t_0 + t_H)$  со своим знаком. Введение данной поправки вызвано тем, что фактическая высота слоя тропопаузы (т. е. высоты, с которой начинается постоянство температуры) для средних широт равна 9000—13 000 м и отличается от стандартной, которая принята для построения шкалы высотомера постоянной и равна 11 000 м.

На рис. 7 показана схема решения задач по шкалам 10, 14 и 15.

Шкалы 11 — температура на высоте для скорости, 12 — высоты по прибору (км), 14 — исправленные высота и скорость, 15 — высота и скорость по прибору служат для пересчета показаний аэро-

динамических указателей скорости (типа УС-700 или УС-800), построенных на принципе измерения скоростного напора встречного потока воздуха, в исправленную скорость с учетом методической ошибки прибора из-за несоответствия фактической плотности воздуха на высоте расчетной плотности, по которой построена шкала прибора. Указатель скорости показывает истинное значение лишь в том случае, если массовая плотность  $\rho$  равна  $0,125 \text{ кг сек}^2/\text{см}^4$ . Такая плотность соответствует атмосферному давлению  $P = 760 \text{ мм рт. ст.}$  и температуре воздуха  $t = 15^\circ\text{Ц}$ . Это может быть по условиям международной стандартной атмосферы на высоте, равной нулю.

Задача пересчета скорости решается по формуле

$$\frac{V_{\text{испр}}}{V_{\text{пр}}} = \frac{\left(\frac{T}{T_{\text{ст}}}\right)^{0,5}}{(1 - 0,0226 H_{\text{пр}})^{2,628}}, \quad (11)$$

где  $V_{\text{испр}}$  — исправленное значение скорости;

$V_{\text{пр}}$  — скорость, показываемая прибором;

$T$  — абсолютная температура воздуха на высоте;

$T_{\text{ст}}$  — температура воздуха на высоте по международной стандартной атмосфере;

$H_{\text{пр}}$  — высота по прибору в км.

Если обозначить выражение  $\frac{T}{T_{\text{ст}}}$  через  $\tau$ , а выражение  $(1 - 0,0226 H_{\text{пр}})$  через  $f$  и прологарифмировать формулу (11), то с учетом модуля  $M = 155$  получим формулу для построения шкал линейки:

$$155 \lg V_{\text{испр}} = 155 \lg V_{\text{пр}} + 77,5 \lg \tau - 407,34 \lg f. \quad (12)$$

Шкалы 11 и 12 являются установочными, а шкалы 14 и 15 — основными, служащими для снятия отсчетов определяемых величин. На шкале 11 (на движке) нанесены логарифмы величины  $\tau$ , соответствующие значениям температуры воздуха на высоте от  $+30$  до  $-70^{\circ}\text{C}$ . На шкале 12 (неподвижная шкала на корпусе линейки) нанесены логарифмы величины  $f$ , соответствующие высоте по прибору от 0 до 12 км. На шкале 14 нанесены логарифмы чисел, соответствующие исправленному значению скорости от 100 до 1400 км/час, а на шкале 15 — логарифмы чисел, соответствующие значению скорости по прибору от 100 до 1200 км/час. Пересчет скорости по этим шкалам выполняется без учета сжимаемости воздуха.

На рис. 8 показана схема решения задачи пересчета скорости по шкалам 11, 12, 14 и 15.

Шкала 13 — высоты по прибору (км) для КУС совместно со шкалами 11, 14 и 15 служит для пересчета показаний комбинированных указателей скорости (КУС) в исправленную скорость с учетом поправки на температуру из-за несоответствия фактического распределения температуры воздуха по высотам стандартным условиям распределения температуры, по которым построена шкала прибора. В КУСах, в отличие от обычных указателей скорости, с помощью anerоидной коробки сообщается дополнительный поворот второй (тонкой) стрелке указателя скорости с поднятием на высоту. Этим вводится поправка на изменение плотности воздуха с высотой и поправка на сжимаемость с учетом плотности воздуха.

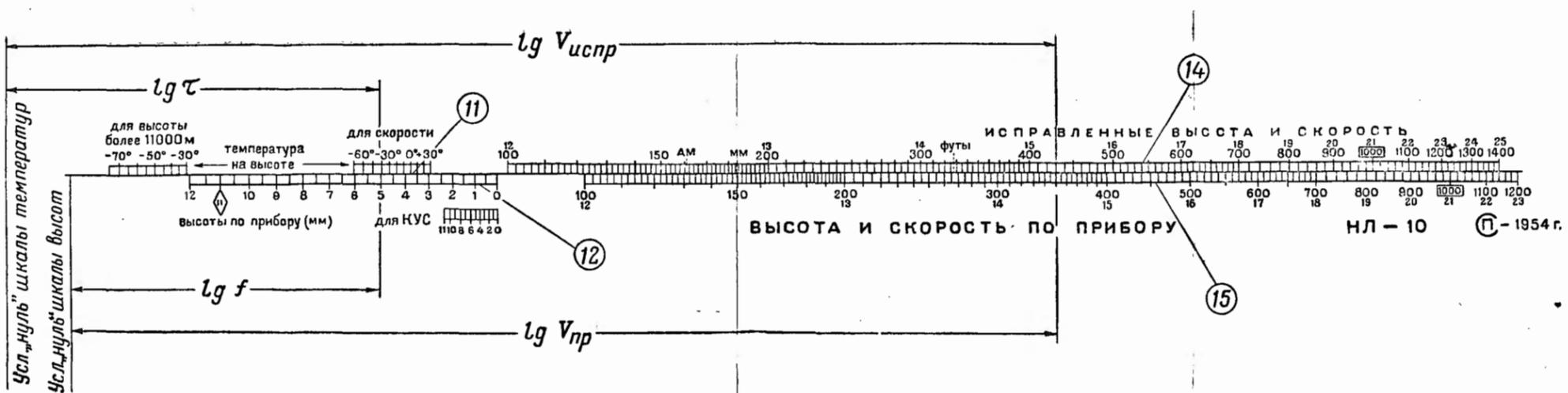


Рис. 8



Рис. 9

Известно, что шкала КУС построена по формуле

$$V_{\text{КУС}} = \sqrt{\frac{2\kappa}{\kappa - 1} R g T_{H_{\text{ст}}} \left[ \left( \frac{\Delta P}{P_H} + 1 \right)^{\frac{\kappa - 1}{\kappa}} - 1 \right]}, \quad (13)$$

где  $g = 9,81 \text{ м/сек}^2$  — ускорение силы тяжести;

$R = 29,27 \text{ м/град}$  — газовая постоянная;

$T_{H_{\text{ст}}}$  — абсолютная температура воздуха на высоте по условиям МСА;

$\kappa = 1,4$  — отношение теплоемкостей воздуха при постоянном давлении и объеме;

$\Delta P$  — разность между динамическим и атмосферным давлением;

$P_H$  — атмосферное давление на высоте полета по условиям МСА.

Как видно из формулы (13), показания КУС зависят от величины  $\Delta P$ , которая в свою очередь изменяется с изменением температуры воздуха. Если величины  $\Delta P$  при полете в условиях стандартной атмосферы и в условиях, отличных от нее, равны, то указатель скорости будет показывать значение исправленной скорости с ошибкой за счет неравенства фактической температуры  $T$  на высоте полета стандартной температуре  $T_{H_{\text{ст}}}$ . Эту ошибку можно учесть, если в формуле (13) подставить истинные значения

величин  $T$  и  $T_{H_{\text{ст}}}$  и взять отношение  $\frac{V_{\text{КУС}}}{V}$ . После

некоторых преобразований будем иметь

$$V = V_{\text{КУС}} \sqrt{\frac{T}{T_{H_{\text{ст}}}}}$$

или

$$V = V_{\text{кус}} \sqrt{\frac{273 + t_H}{288 - 0,0065 H_{\text{пр}}}}, \quad (14)$$

где  $t_H$  — фактическая температура на высоте по Цельсию;

$H_{\text{пр}}$  — приборная высота в км;

$V$  — истинная воздушная скорость полета (без учета приборной поправки).

Логарифмируя и умножая на модуль  $M = 155$ , получим формулу для построения шкал линейки

$$155 \lg V = 155 \lg V_{\text{кус}} + 77,5 \lg (273 + t_H) - 77,5 \lg (288 - 0,0065 H_{\text{пр}}), \quad (15)$$

которая по своей структуре мало отличается от формулы (12). Поэтому шкалы 14, 15 и 11 используются для пересчета показаний как обычных аэродинамических указателей скорости типа УС-700 и УС-800, так и комбинированного указателя скорости.

На шкале 13 (на неподвижной части линейки) нанесены логарифмы величины  $(288 - 0,0065 H_{\text{пр}})$ , соответствующие высоте по прибору от 0 до 11 км. При полете на высоте более 11 км берется  $H_{\text{пр}} = 11$  км.

Необходимо отметить, что отсчет высоты по барометрическому высотомеру должен производиться при установке шкалы начального давления на давление у земли 760 мм рт. ст. (Если установленное давление отличается от 760 мм рт. ст. на  $\pm 30$  мм, то погрешность пересчета не превышает 0,5%  $V$  и ею можно пренебречь.)

Схема решения задачи пересчета показаний КУС показана на рис. 9.

Шкала 16 служит для определения ошибок термометра наружного воздуха в полете вслед-

ствие нагревания его чувствительного элемента в заторможенном потоке или наличия трения о воздух. Величина поправки  $\Delta t$  зависит от истинной скорости полета и выражается формулой

$$\Delta t = 0,265 \left( \frac{V}{100} \right)^2, \quad (16)$$

где  $V$  — истинная воздушная скорость в км/час; 0,265 — коэффициент пропорциональности.

По этой зависимости и построена шкала 16 (см. рис. 3).

При всех пересчетах высоты и скорости необходимо по этой шкале найти поправку  $\Delta t$  и исправить показания термометров (типа ТУЭ или спиртового) по формуле, помещенной справа от шкалы

$$\boxed{t_{\text{испр}} = t_{\text{пр}} - \Delta t} \quad (17)$$

Для термометров, измеряющих температуру воздуха при полном торможении, поправка выражается формулой

$$\Delta t_1 = 0,385 \left( \frac{V}{100} \right)^2 \quad (18)$$

или

$$\Delta t_1 \approx 1,5 \Delta t,$$

так как коэффициент 0,385 больше 0,265 приблизительно в 1,5 раза.

#### 4. Правила обращения и хранения

При пользовании навигационной линейкой необходимо соблюдать некоторые элементарные правила. Это сохранит качество линейки и позволит работать с ней продолжительное время.

Линейку нужно хранить в футляре, чтобы предохранить ее от царапин, загрязнения и других повреждений, снижающих четкость шкал. Нельзя оставлять линейку во влажных местах или местах с высокой температурой, так как это может привести к разбуханию или ссыханию и короблению линейки. В результате движок линейки будет перемещаться с трудом или между корпусом и движком могут образоваться щели.

Движок должен свободно перемещаться по корпусу, удерживаясь небольшим трением от самопроизвольного смещения. Если движок перемещается с трудом или между ним и корпусом образовались щели, необходимо осторожно разжать или поджать металлические скрепы корпуса. Кроме того, боковые ребра движка рекомендуется протереть воском или парафином, но не подкабливать ножом.

Грязь на шкалах линейки снимается мягкой резинкой или спиртом. Нельзя протирать шкалы бензином, керосином и другими жидкостями, растворяющими краску или целлулоид.

При пользовании визиркой для установки и отсчета величин необходимо следить, чтобы визирка прижималась пружиной к вырезанному пазу на скошенном крае линейки и ее риски были перпендикулярны шкалам.

---

## Глава вторая

# ЗАДАЧИ, РЕШАЕМЫЕ ПРИ ПОМОЩИ НЛ-10

## ЗАДАЧИ ПО МАТЕМАТИКЕ

### 1. Умножение и деление чисел

Для умножения и деления чисел используются шкалы 1 и 2 или 5 и 2, а также шкалы 14 и 15. Шкалы 1, 2 и 5 используются для умножения и деления в основном при решении специальных задач, связанных с расчетом скорости, высоты, времени полета и других навигационных элементов. Шкалы 14 и 15 имеют деления с бóльшим масштабом, и потому на них умножение и деление чисел можно выполнять с бóльшей точностью (с бóльшим числом значащих цифр).

При всех вычислениях на логарифмических шкалах необходимо знать и соблюдать следующие правила:

1. При отсчетах или установках по шкалам искомые или заданные числа можно увеличивать или уменьшать в 10, 100 и т. д. раз.

2. В искомом результате важно правильно отделить число знаков (число цифр) слева от запятой. У десятичной дроби число знаков считается отрицательным и равным числу нулей справа от запятой до первой значащей цифры.

3. Число знаков произведения равно алгебраической сумме числа знаков множимого и множителя, если против множимого устанавливалось деление  $\boxed{1000}$  шкалы 14 или  $\boxed{100}$  шкалы 2 (движок вышел влево), или на единицу меньше, если против множимого было установлено деление 100 шкалы 14 или  $\boxed{10}$  шкалы 2 (движок вышел вправо).

4. Число знаков частного равно алгебраической разности числа знаков делимого и делителя, если отсчет частного был сделан против деления  $\boxed{1000}$  шкалы 14 или  $\boxed{100}$  шкалы 2 (движок вышел влево), или на единицу больше, если отсчет был сделан против деления 100 шкалы 14 или  $\boxed{10}$  шкалы 2 (движок вышел вправо).

Подсчет и определение количества знаков при умножении и делении занимает некоторое время и требует запоминания правил. Чтобы избежать ошибок в определении количества знаков результата вычисления на линейке нужно грубо определить ответ в уме. Зная возможный порядок вычисляемых величин, можно всегда судить о количестве знаков результата, учитывая при этом размерность входных и исходных величин.

Порядок умножения (шкалы 14 и 15):  
 — передвигая движок, установить деление 100 или  $\boxed{1000}$  на деление шкалы 15, соответствующее множимому (рис. 10);

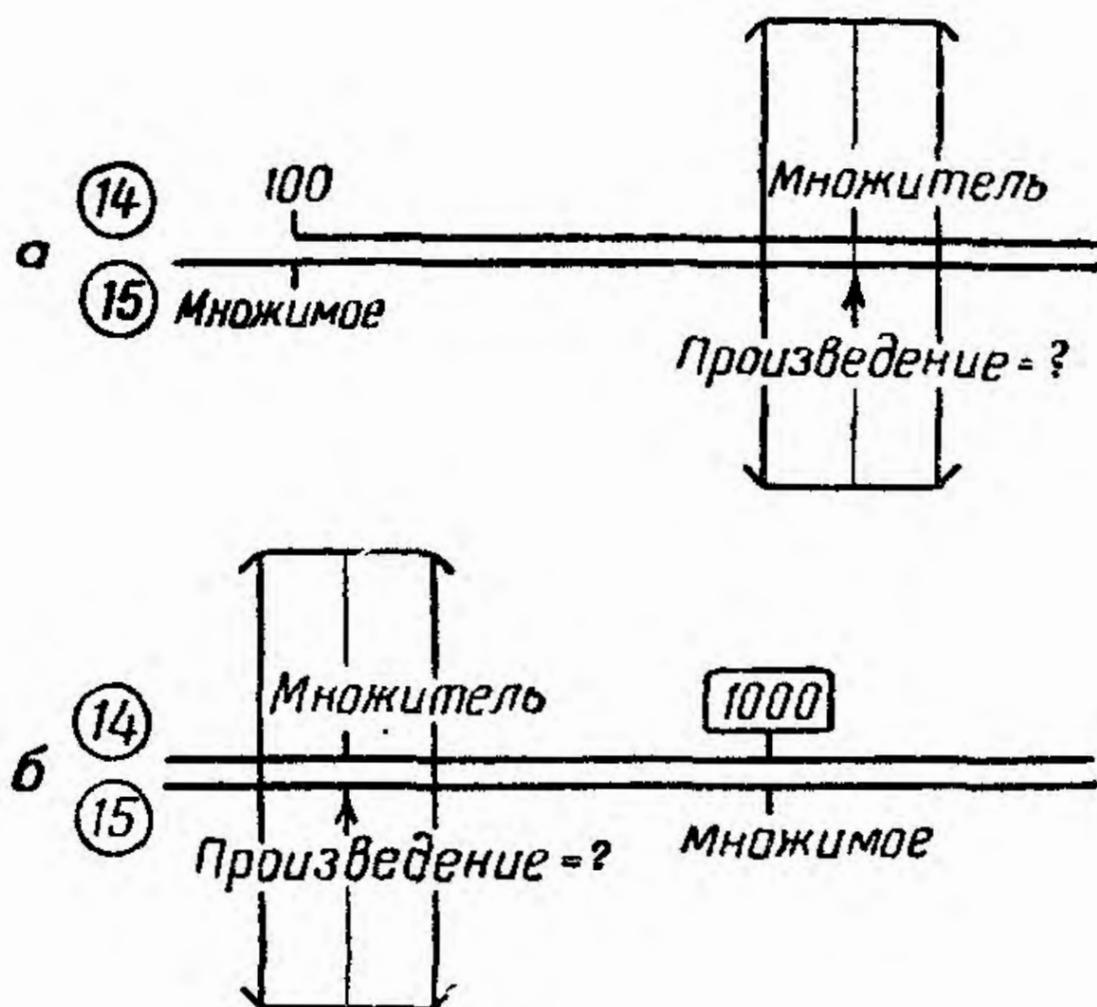


Рис. 10

— установить визирку по шкале 14 на деление, соответствующее множителю;

— отсчитать по визирке на шкале 15 искомое произведение.

**Примеры:** 1)  $16,4 \times 19,2 = 315$ .

Число знаков множимого 2, множителя 2, произведения  $(2+2)-1=3$  (рис. 10, а).

2)  $8,43 \times 6,65 = 56$ .

Число знаков множимого 1, множителя 1, произведения  $(1+1)=2$  (рис. 10, б).

3)  $0,0065 \times 3550 = 23,2$ .

Число знаков множимого  $-2$ , множителя  $+4$ , произведения  $(-2+4)=2$ .

4)  $0,125 \times 0,214 = 0,0268$ .

Число знаков множимого 0, множителя 0, произведения  $(0+0)-1=-1$ .

**Порядок деления (шкалы 14 и 15):**

— установить визирку по шкале 15 на деление, соответствующее делимому (рис. 11);

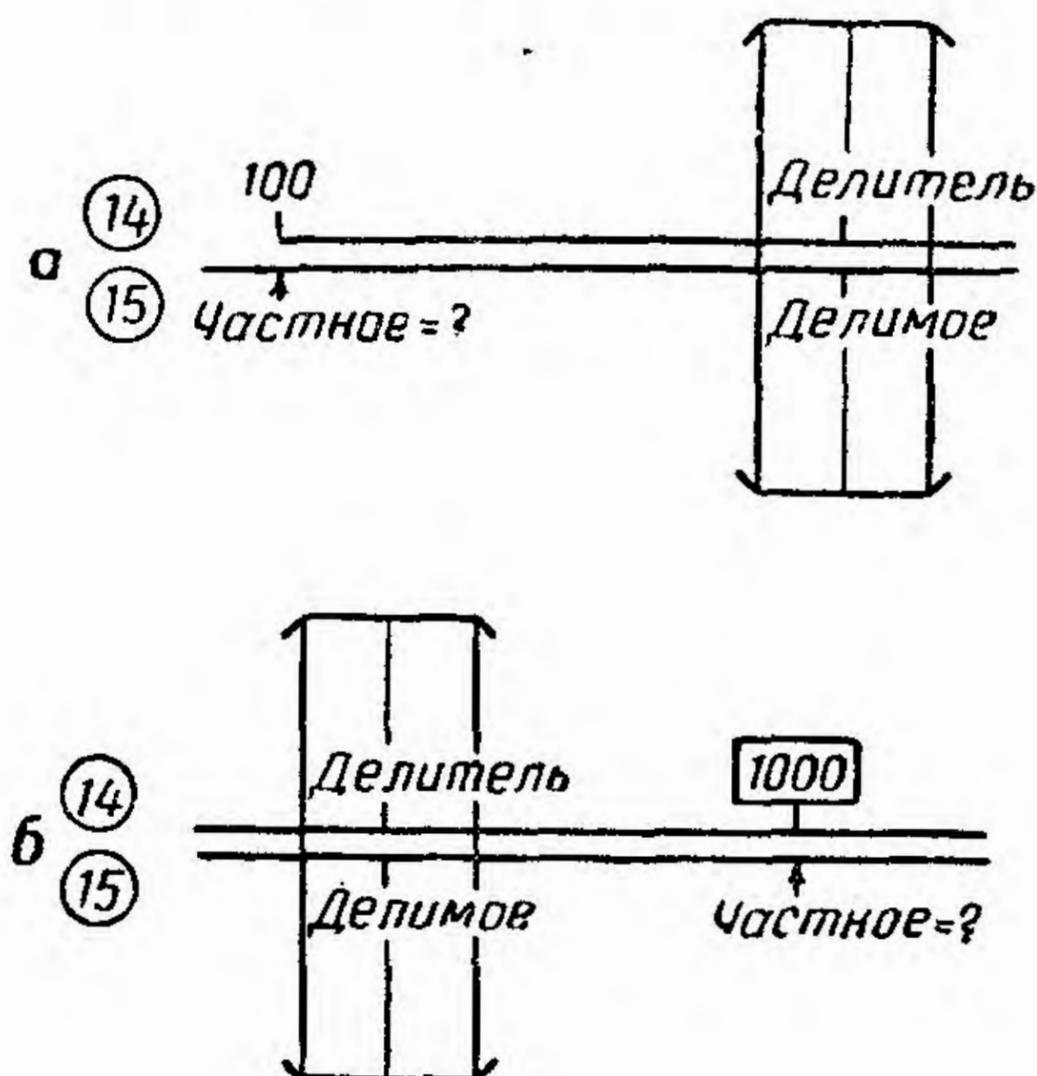


Рис. 11

— передвигая движок, подвести под визирку деление шкалы 14, соответствующее делителю;

— отсчитать по шкале 15 против деления 100 или  $\boxed{1000}$  искомое частное.

Примеры. 1)  $181 : 15,2 = 11,9$ .

Число знаков делимого 3, делителя 2, частного  $(3-2)+1=2$ .

2)  $67,5 : 73 = 0,926$ .

Число знаков делимого 2, делителя 2, частного  $(2-2)=0$ .

3)  $0,0225 : 0,0172 = 1,31$ .

Число знаков делимого  $-1$ , делителя  $-1$ , частного  $(-1)-(-1)+1=1$ .

4)  $678 : 0,73 = 927$ .

Число знаков делимого 3, делителя 0, частного  $(3+0)=3$ .

Примечание. Порядок умножения и деления чисел на шкалах 1 и 2 отличается лишь тем, что вместо деления 100 и индекса  $\boxed{1000}$  шкалы 14 используются индексы  $\boxed{10}$  и  $\boxed{100}$  шкалы 2 соответственно.

## 2. Извлечение квадратных корней из чисел и возведение их в квадрат

Действия выполняются на шкалах 5 и 6. Деления шкалы 5 нанесены в масштабе, который в два раза меньше масштаба делений шкалы 6, т. е., если соответствующие деления шкалы 6 пропорциональны значениям  $\lg N$ , то деления шкалы 5 пропорциональны значениям  $\lg N^2 = 2 \lg N$ .

Порядок решения (шкалы 5 и 6):

— установить визирку по шкале 6 на деление, соответствующее основанию степени, или по шкале 5 — на деление, соответствующее степени числа (рис. 12);

— отсчитать по визирке на шкале 5 искомое значение степени (квадрата числа) или по шкале

**6** значение основания (корня квадратного из числа).

**Примечания:** 1. Число знаков квадрата числа равно удвоенному числу знаков основания, если квадрат числа отсчитывается на среднем интервале шкалы 5 (от 10 до 100); или на единицу меньше удвоенного, если отсчитывается на правом или левом интервалах (от 1 до 10 или от 100 до 1000).

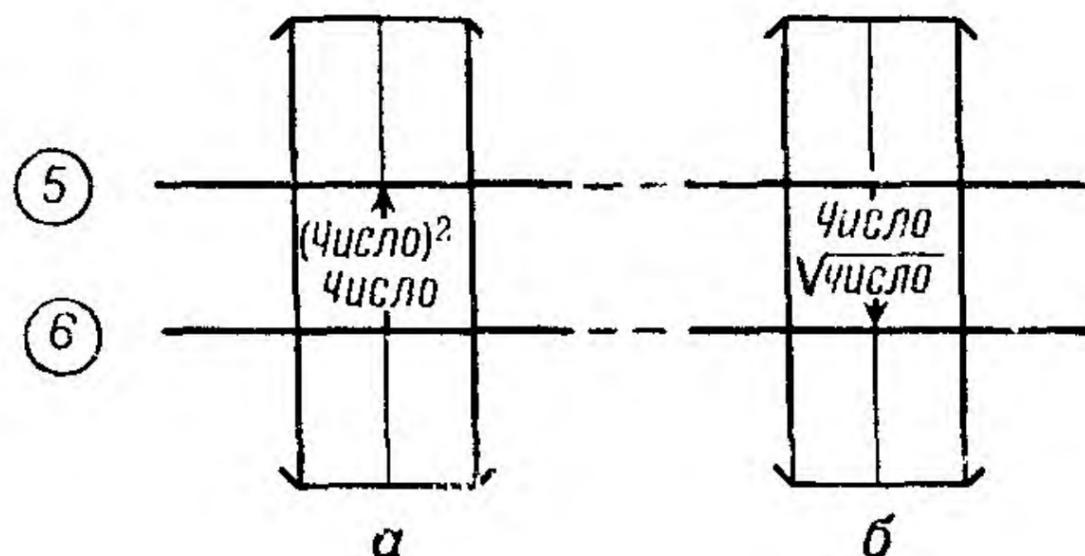


Рис. 12

2. Число знаков квадратного корня равно числу граней (включая и неполные), если подкоренное число больше или равно 1, или числу чисто нулевых граней, взятому со знаком минус, если подкоренное число меньше единицы; при этом „нуль целых“ за грань не считается.

3. Квадратные корни с четным количеством знаков подкоренного выражения извлекаются по среднему интервалу шкалы 5 (10—100), с нечетным количеством знаков — по правому или левому интервалам шкалы 5 (100—1000 или 1—10).

4. Число, возводимое в квадрат, и значение подкоренного выражения можно увеличивать или уменьшать в 10, 100 и т. д. раз и соответственно в  $10^2$ ,  $100^2$  и т. д. раз увеличивать или уменьшать результат.

**Примеры:**

1)  $9,81^2 = 96,3$ .

Число знаков результата  $(1 \times 2) = 2$ .

2)  $2,35^2 = 5,52$ .

Число знаков результата  $(1 \times 2) - 1 = 1$ .

3)  $17,6^2 = 309$ .

Число знаков результата  $(2 \times 2) - 1 = 3$ .

4)  $\sqrt{55,5} = 7,42$ .

Число граней 1, число знаков результата 1.

5)  $\sqrt{283} = 16,8$ .

Число граней (неполных) 2, число знаков результата 2.

6)  $\sqrt{0,0065} = 0,0807$ .

Число граней (нулевых) 1, число знаков результата—1.

Возведение чисел в квадрат можно производить простым умножением числа на то же число по шкалам 1 и 2 или 14 и 15. Извлечение квадратных корней из чисел возможно также на этих шкалах путем подбора равных значений отрезков шкал. При этом порядок решения будет следующим:

— установить визирку по шкале 15 на деление, соответствующее значению числа, из которого извлекается квадратный корень (рис. 13);

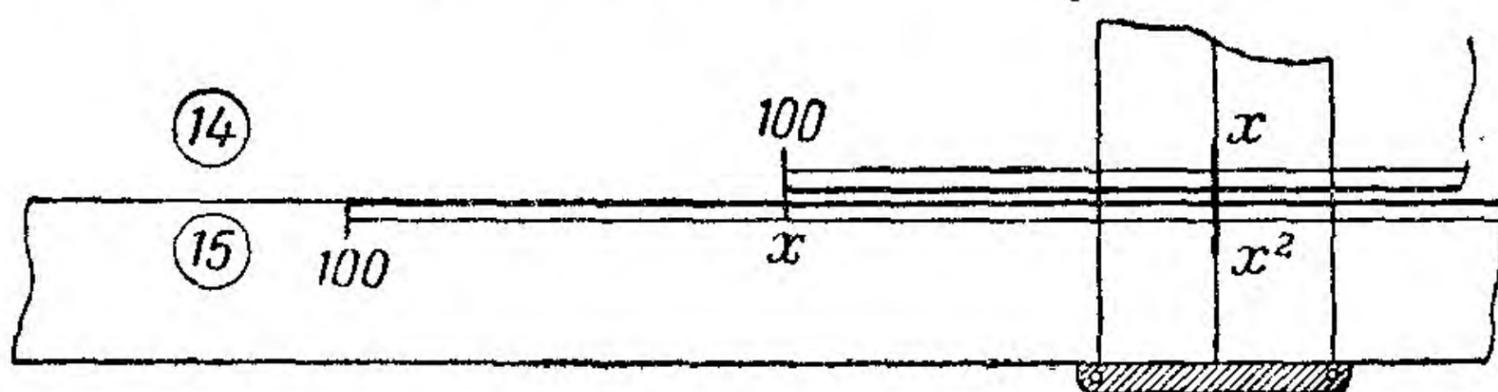


Рис. 13

— передвигая движок, добиться такого положения, чтобы на шкале 15 против деления 100 или  $\boxed{1000}$  и на шкале 14 против риски визирки были равные деления  $x$ ; при этом необходимо помнить, что если число знаков подкоренного выражения четное, то движок двигают влево и добиваются равных значений делений против визирки и  $\boxed{1000}$ , если же число знаков нечетное, то движок перемещают вправо и добиваются равных значений делений против риски визирки и 100.

### 3. Определение значений тригонометрических функций

Определение значений синуса и тангенса заданного угла  $\alpha$  (рис. 14) производится по формулам

$$\sin \alpha = \frac{BC}{AB},$$

$$\operatorname{tg} \alpha = \frac{BC}{AC}.$$

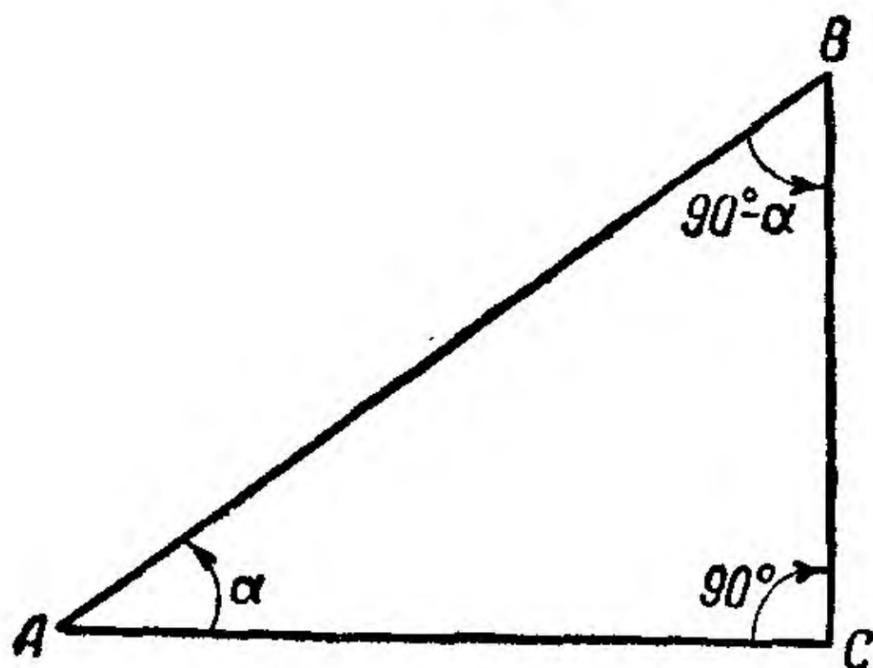


Рис. 14

Порядок решения (шкалы 3, 4 и 5):

— передвигая движок, установить индекс  $\nabla$  на деление 100 шкалы 5 (рис. 15);

— установить визирку по шкале 4 на деление, соответствующее заданному углу, если находится тангенс и синус угла (угол меньше  $5^\circ$  или больше  $175^\circ$ ), или по шкале 3, если находится синус угла (угол больше  $5^\circ$  или меньше  $175^\circ$ );

— отсчитать по визирке на шкале 5 (или 1) искомое значение синуса или тангенса угла; число значащих цифр зависит от цены деления

данного участка шкалы и определяется интерполяцией последнего деления на глаз.

**Примечание.** Для определения значений косинусов и котангенсов углов необходимо визирку устанавливать по шкале 3 или 4 на значения дополнений углов до  $90^\circ$ , т. е. на значения  $(90^\circ - \alpha)$ , где  $\alpha$  — заданный угол.

**Примеры:** 1)  $\sin 45^\circ = 0,70$ . 2)  $\sin 15^\circ = 0,26$ . 3)  $\sin 173^\circ = -0,122$ . 4)  $\operatorname{tg} 56^\circ = 1,48$ . 5)  $\operatorname{tg} 25^\circ = 0,467$ . 6)  $\cos 70^\circ = \sin 20^\circ = 0,341$ . 7)  $\operatorname{ctg} 21^\circ = \operatorname{tg} 69^\circ = 2,6$ .

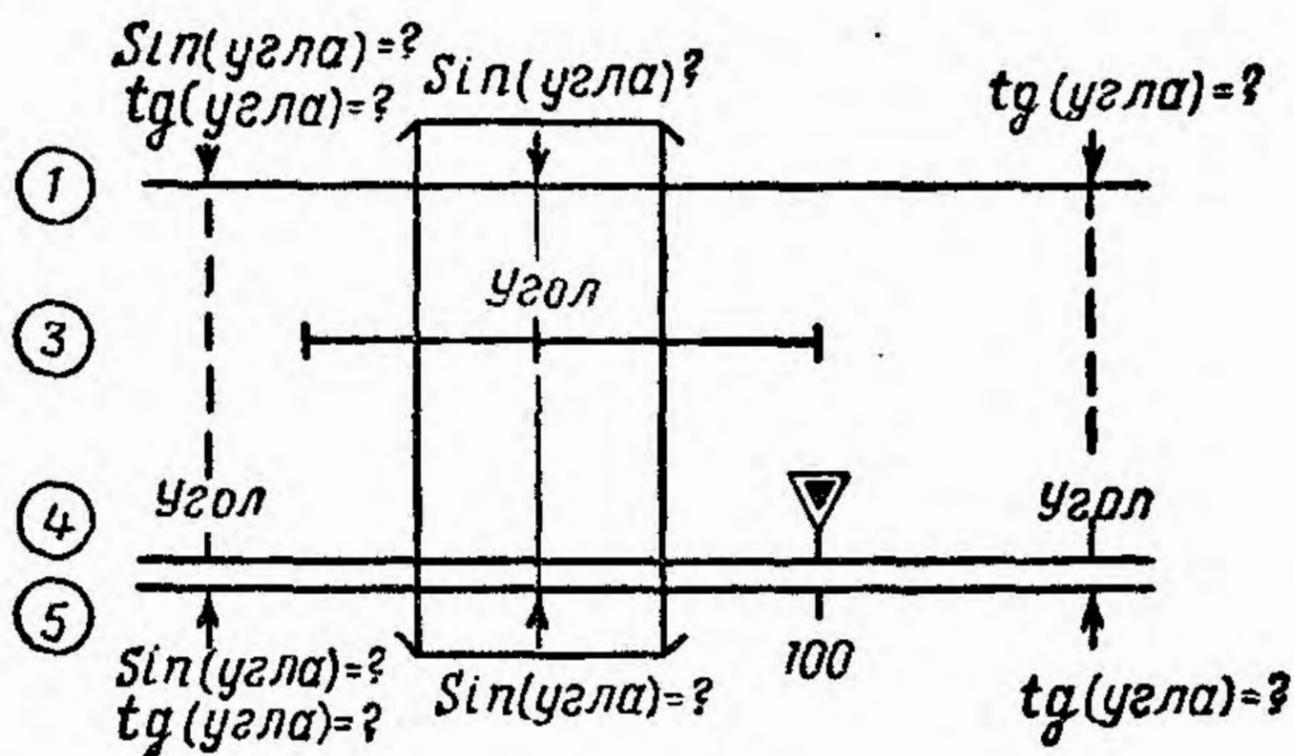


Рис. 15

#### 4. Умножение и деление числа на тригонометрические функции углов

а) Умножение числа на синус и косинус угла

$$a = b \sin \alpha; \quad d = b \cos \alpha.$$

Порядок решения (шкалы 3 и 5):

— передвигая движок, установить индекс  $\nabla$  против деления шкалы 5, соответствующего числу (рис. 16 и 17);

— установить визирку по шкале 4 (если заданный угол меньше  $5^\circ$  или больше  $175^\circ$ ) или по шкале 3 (если заданный угол больше  $5^\circ$  или

меньше  $175^\circ$ ) на деление, соответствующее заданному углу;

— отсчитать по визирке на шкале 5 искомое произведение.

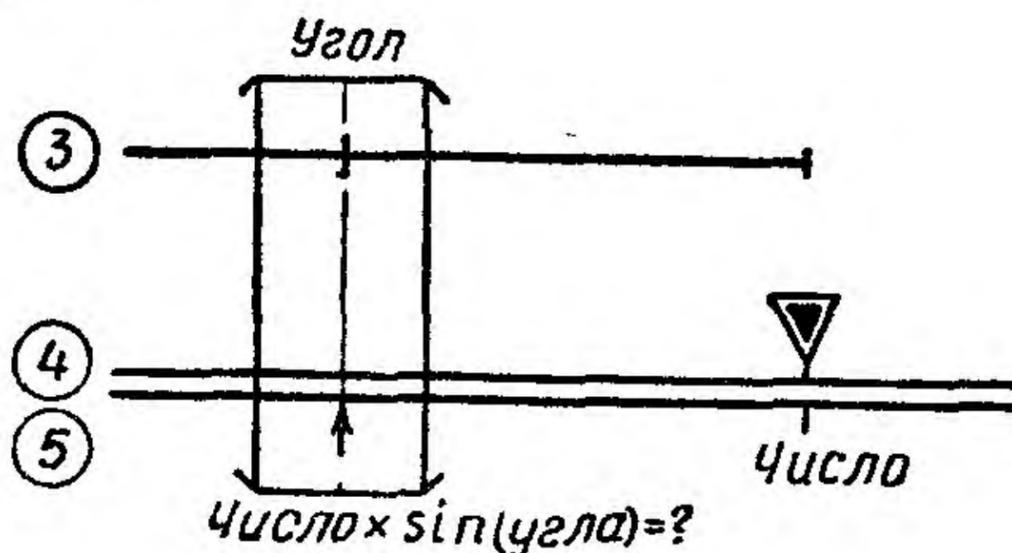


Рис. 16

**Примечание.** Для умножения числа на значение косинуса угла необходимо устанавливать визирку на деление шкалы 3 или 4, соответствующее дополнению угла до  $90^\circ$ , т. е.  $(90^\circ - \alpha)$ .

**Пример.** Дано:  $b = 325$ ;  $\alpha = 28^\circ$ .

Находим:  $a = 325 \sin 28^\circ = 152$ ;  $d = 325 \cos 28^\circ = 325 \sin 62^\circ = 286$ .

б) Умножение числа на тангенс и котангенс угла

$$a = b \operatorname{tg} \alpha; \quad d = b \operatorname{ctg} \alpha.$$

Порядок решения (шкалы 4 и 5):

— передвигая движок, установить индекс  $\nabla$  против деления шкалы 5, соответствующего заданному числу (рис. 17);

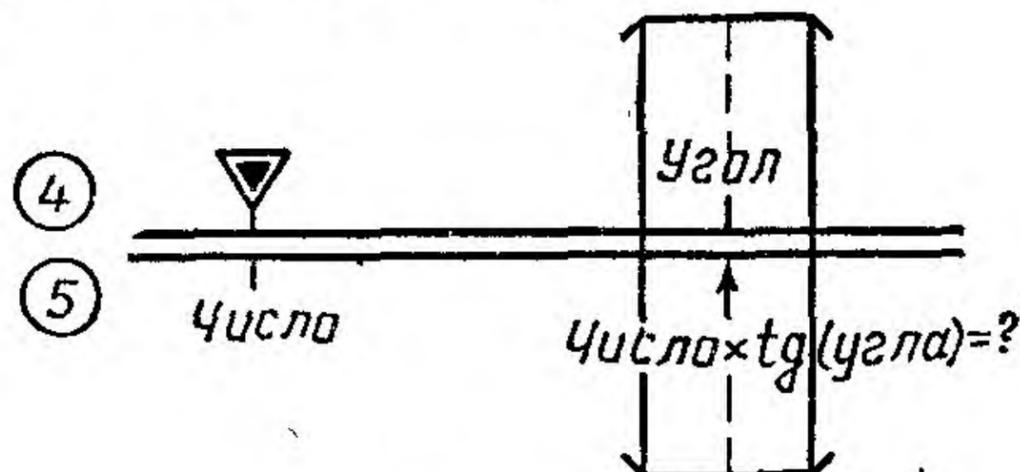


Рис. 17

— установить визирку по шкале 4 на деление, соответствующее заданному углу;

— отсчитать по визирке на шкале 5 искомое произведение.

**Примечание.** Для умножения чисел на котангенс угла необходимо устанавливать визирку по шкале 4 на деление, соответствующее дополнению угла до  $90^\circ$ , т. е.  $(90^\circ - \alpha)$ .

**Пример.** Дано:  $b = 15,4$ ;  $\alpha = 58^\circ$ .

Находим:  $a = 15,4 \operatorname{tg} 58^\circ = 24,6$ ;  $d = 15,4 \operatorname{ctg} 58^\circ = 15,4 \operatorname{tg} 32^\circ = 9,62$ .

в) Деление числа на синус и тангенс угла

$$a = \frac{b}{\sin \alpha};$$

$$d = \frac{b}{\operatorname{tg} \alpha}.$$

Порядок решения (шкалы 3 и 5):

— установить визирку по шкале 5 на деление, соответствующее заданному числу (рис. 18 и 19);

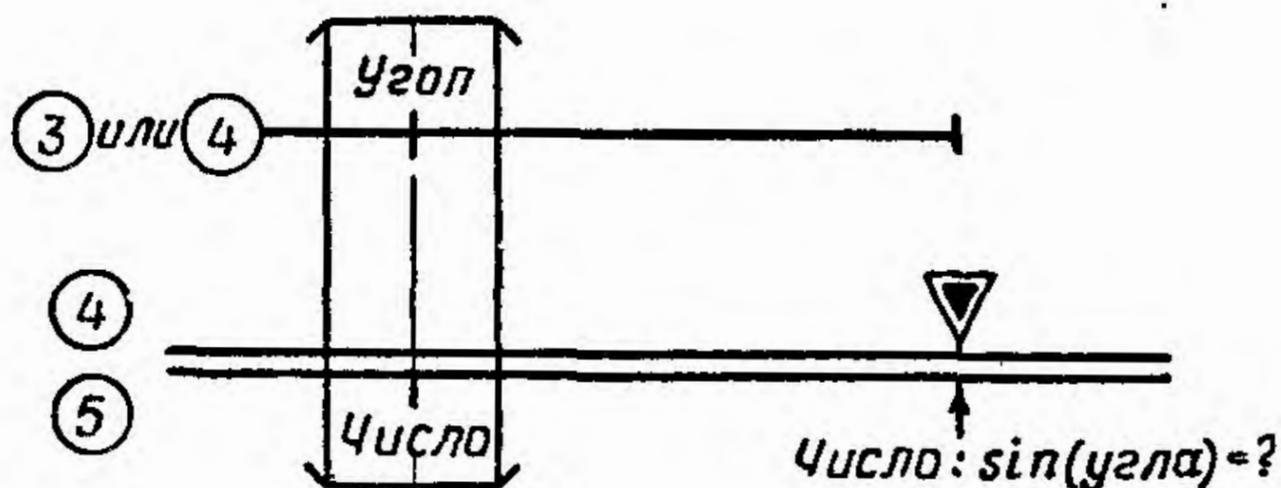


Рис. 18

— передвигая движок, подвести под визирку деление шкалы 4 (если число делится на тангенс или заданный угол меньше  $5^\circ$  или больше  $175^\circ$ ) или шкалы 3 (если число делится на си-

нус и заданный угол больше  $5^\circ$  или меньше ( $175^\circ$ ), соответствующее заданному углу;

— отсчитать по шкале 5 против индекса  $\nabla$  искомое частное.

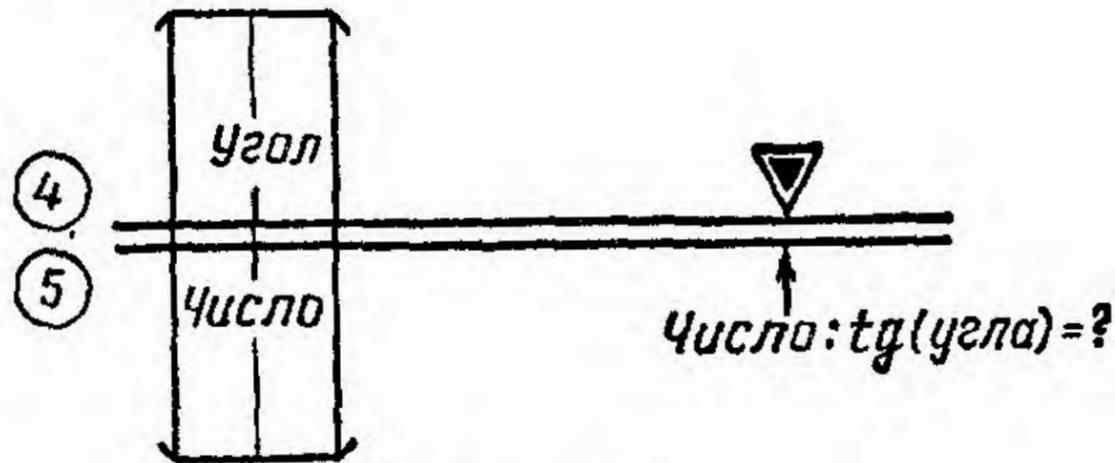


Рис. 19

Примечания: 1. При делении чисел на косинус угла необходимо подводить под визирку деления шкалы 3 или 4, соответствующие дополнению угла до  $90^\circ$ , т. е.  $(90^\circ - \alpha)$ .

Пример. Дано:  $b = 123$ ;  $\alpha = 36^\circ$ .

$$\text{Находим: } a = \frac{123}{\sin 36^\circ} = 210; \quad d = \frac{123}{\cos 36^\circ} = \frac{123}{\sin 54^\circ} = 152.$$

2. Величины тангенса и котангенса угла являются взаимнообратными. Поэтому деление на эти величины целесообразно заменить умножением, а именно

$$a = \frac{b}{\operatorname{tg} \alpha} = b \operatorname{ctg} \alpha = d \operatorname{tg} (90^\circ - \alpha);$$

$$d = \frac{b}{\operatorname{ctg} \alpha} = b \operatorname{tg} \alpha.$$

Порядок решения таких выражений описан выше.

$$\text{Примеры: } 1) \frac{127}{\operatorname{tg} 28^\circ} = 127 \operatorname{ctg} 28^\circ = 127 \operatorname{tg} 62^\circ = 238.$$

$$2) \frac{167}{\operatorname{ctg} 35} = 167 \operatorname{tg} 35^\circ = 117.$$

3. При умножении или делении чисел на значения секансов или косекансов углов целесообразно заменить умножение чисел на значения секансов или косекансов углов делением чисел на значения косинусов или синусов этих углов, а деление заменить умножением и выполнять указанные действия так же, как описано выше.

Примеры: 1)  $132 \sec 25^\circ = \frac{132}{\cos 25^\circ} = \frac{132}{\sin 65^\circ} = 146.$

2)  $\frac{132}{\sec 25^\circ} = 132 \cos 25^\circ = 132 \sin 65^\circ = 119.$

3)  $17,5 \operatorname{cosec} 37^\circ = \frac{17,5}{\sin 37^\circ} = 29.$

4)  $\frac{17,5}{\operatorname{cosec} 37^\circ} = 17,5 \sin 37^\circ = 10,6.$

## 5. Комбинированные действия

К комбинированным действиям относится решение задач, в которых имеются различные действия: умножение и деление чисел на значения тригонометрических функций, на значения корней квадратных из чисел или значения квадратов чисел и т. п. При решении таких задач на линейке необходимо чередовать действия умножения и деления, чтобы не получать больших или малых величин, выходящих за пределы шкал. Порядок решения задач, в которых используются комбинированные действия, рассмотрены ниже.

Для примера показано решение задачи по вычислению радиуса круга вероятных местонахождений самолета при определении места самолета при помощи угломерных радиотехнических систем.

Задача решается по формуле

$$r = \frac{0,017 \sqrt{S_1^2 + S_2^2}}{\sin \psi} \Delta П,$$

где  $r$  — радиус круга вероятного местонахождения самолета;

$S_1$  — расстояние до первой пеленгуемой радиостанции в км;

$S_2$  — расстояние до второй пеленгуемой радиостанции в км;

$\psi$  — угол станций;

$\Delta\Pi$  — ошибка в пеленге в град.

Порядок решения (шкалы 1, 2, 3, 5 и 6):

— вычислить величину  $\sqrt{S_1^2 + S_2^2}$  по шкалам 5 и 6, для чего сначала определить  $S_1^2$  и  $S_2^2$ , затем сложить и из суммы извлечь квадратный корень;

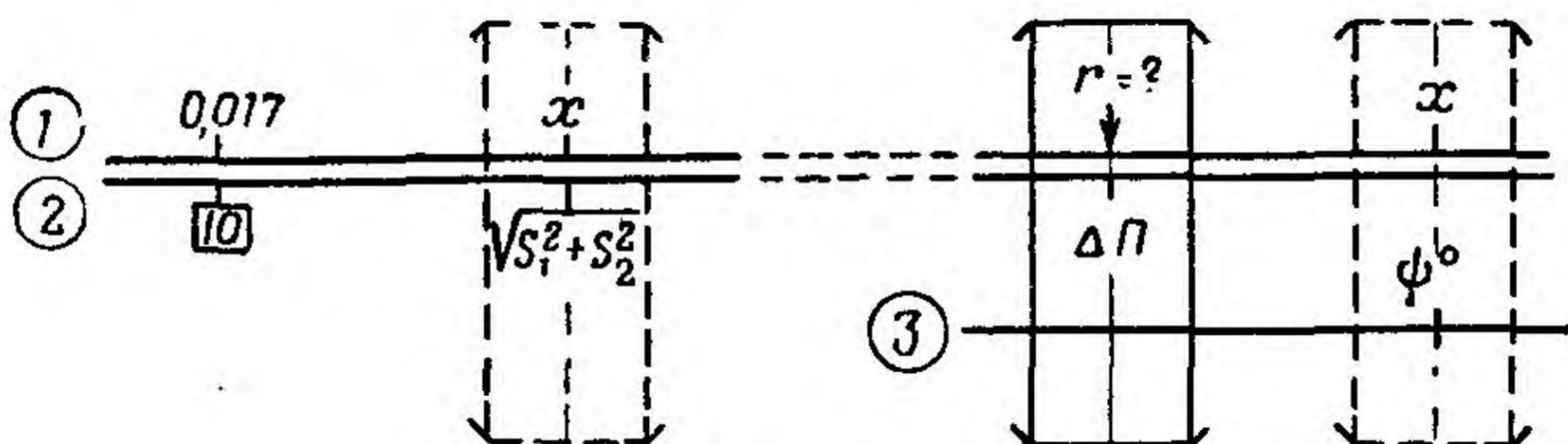


Рис. 20

— передвигая движок, установить индекс  $\boxed{10}$  по шкале 1 на деление, соответствующее значению 0,017 (рис. 20);

— установить визирку по шкале 2 на деление, соответствующее величине  $\sqrt{S_1^2 + S_2^2}$ ;

— передвигая движок, подвести под визирку деление шкалы 3, соответствующее значению угла  $\psi$ , и перевести визирку по шкале 2 на деление, соответствующее значению  $\Delta\Pi$ ;

— отсчитать по визирке на шкале 1 (или 5) искомое значение  $r$ .

Пример. Дано:  $S_1 = 135$  км;  $S_2 = 95$  км;  $\Delta\Pi = 3^\circ$ ;  $\psi = 130^\circ$ .

Находим:  $S_1^2 = 18\ 200$ ;  $S_2^2 = 9000$ ;  $\sqrt{S_1^2 + S_2^2} = \sqrt{27\ 200} = 165$  км;  $r = 11$  км.

## ЗАДАЧИ НА ПЕРЕВОД ЕДИНИЦ ИЗМЕРЕНИЯ

### 1. Перевод скоростей, выраженных в *км/час*, в скорости, выраженные в *м/сек*, и обратно

Порядок перевода скорости, выраженной в *км/час*, в скорость, выраженную в *м/сек* (шкалы 1 и 2):

— передвигая движок, установить индекс  на деление шкалы 1, соответствующее заданной скорости в *км/час* (рис. 21);

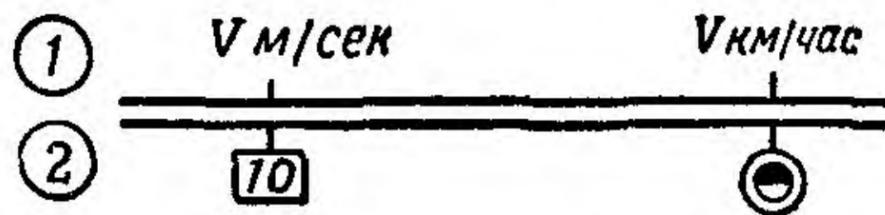


Рис. 21

— отсчитать по шкале 1 против индекса  искомую скорость в *м/сек*.

Примеры: 1)  $725 \text{ км/час} = 201 \text{ м/сек}$ .  
2)  $135 \text{ км/час} = 37,5 \text{ м/сек}$ .

Порядок перевода скорости, выраженной в *м/сек*, в скорость, выраженную в *км/час*:

— передвигая движок, установить индекс  на деление шкалы 1, соответствующее заданной скорости в *м/сек* (см. рис. 21);

— отсчитать по шкале 1 против индекса  искомую скорость в *км/час*.

Примеры: 1)  $243 \text{ м/сек} = 870 \text{ км/час}$ .  
2)  $27 \text{ м/сек} = 97 \text{ км/час}$ .

### 2. Перевод морских и английских миль в километры и обратно

Порядок перевода морских и английских миль в километры (шкалы 14 и 15):

— передвигая движок, установить деление 100 или **1000** на деление шкалы 15, соответствующее заданному числу миль (рис. 22);

— установить визирку на индекс ММ или АМ;

— отсчитать на шкале 15 по визирке искомое число километров.

Примеры: 1) 123 мор. мили = 228 км.

2) 123 англ. мили = 198 км.

Порядок перевода километров в морские и английские мили:

— установить визирку по шкале 15 на заданное число километров (см. рис. 22);

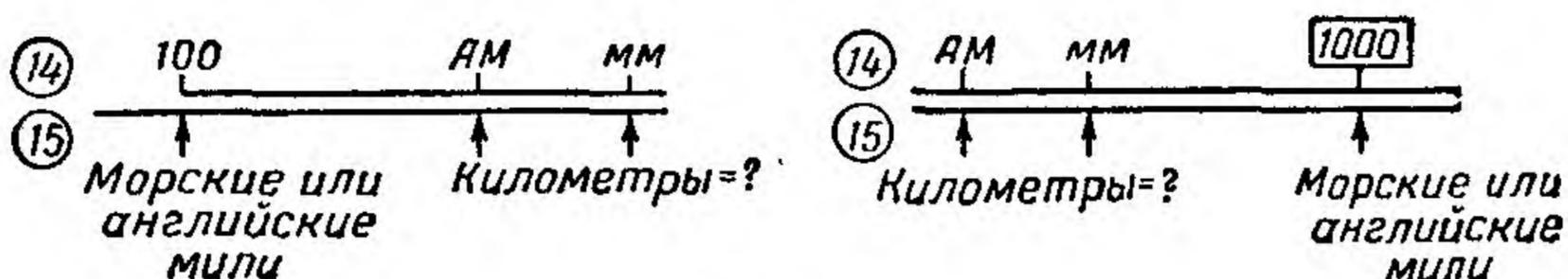


Рис. 22

— передвигая движок, подвести под визирку индекс ММ или АМ;

— отсчитать на шкале 15 против деления 100 или **1000** искомое число морских или английских миль (соответственно).

Примеры: 1) 355 км = 192 мор. мили.

2) 308 км = 192 англ. мили.

### 3. Перевод футов в метры и обратно

Порядок перевода сохраняется таким же, как и при переводе километров в мили и обратно.

Только индекс **футы** необходимо установить по шкале 15 на число футов и против деления 100

или **1000** шкалы 14 отсчитать число метров или деления 100 или **1000** шкалы 14 устано-

вить на число метров, а против индекса футы отсчитать число футов.

- Примеры: 1) 680 фут. = 207 м.  
2) 10300 фут. = 3130 м.  
3) 12000 м = 39400 фут.

#### 4. Перевод угла в градусах в угол в радианах и обратно

Задача решается по формулам

$$\alpha_{\text{рад}} = \frac{\pi}{180} \alpha^{\circ} \quad \text{и} \quad \alpha^{\circ} = \frac{180}{\pi} \alpha_{\text{рад}}$$

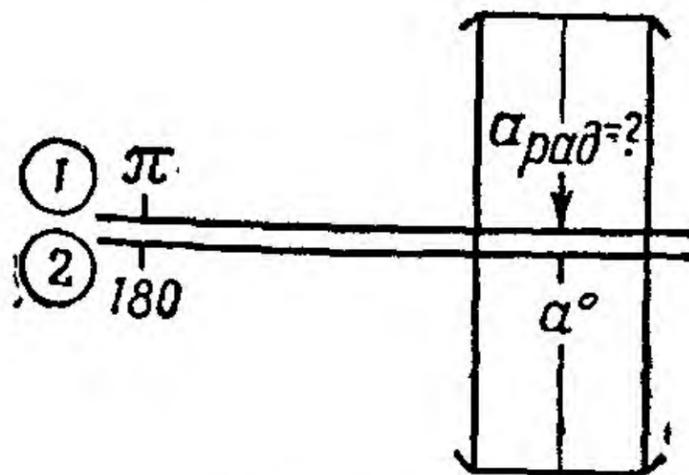


Рис. 23

Порядок решения (шкала 1 в интервале от 1 до 10 и шкала 2 в интервале от 10 до 100):

— передвигая движок, установить деление шкалы 2, соответствующие значению 180, против индекса  $\pi$  (рис. 23);

— при переводе угла в радианах в угол в градусах установить визирку по шкале 1 на деление, соответствующее углу в радианах, и считать по шкале 2 искомое значение угла в градусах;

— при переводе угла в градусах в угол в радианах установить визирку по шкале 2 на деление, соответствующее углу в градусах, и от-

считать по шкале 1 искомое значение угла в радианах.

Примеры: 1) 1,84 рад. = 105°; 0,15 рад. = 8°,6.  
2) 33° = 0,575 рад. 263° = 4,6 рад.

## ЗАДАЧИ ПО САМОЛЕТОВОЖДЕНИЮ

### I. ОПРЕДЕЛЕНИЕ НАВИГАЦИОННЫХ ЭЛЕМЕНТОВ

#### 1. Расчет путевой скорости по пройденному расстоянию и времени полета

Задача решается по формуле

$$W = \frac{S}{t},$$

где  $W$  — путевая скорость в км/час (м/сек);

$S$  — пройденное расстояние в км (м);

$t$  — время полета в час., мин. (сек.).

Порядок решения (шкалы 1 и 2):

— установить визирку по шкале 1 на деление, соответствующее пройденному расстоянию  $S$  (рис. 24);

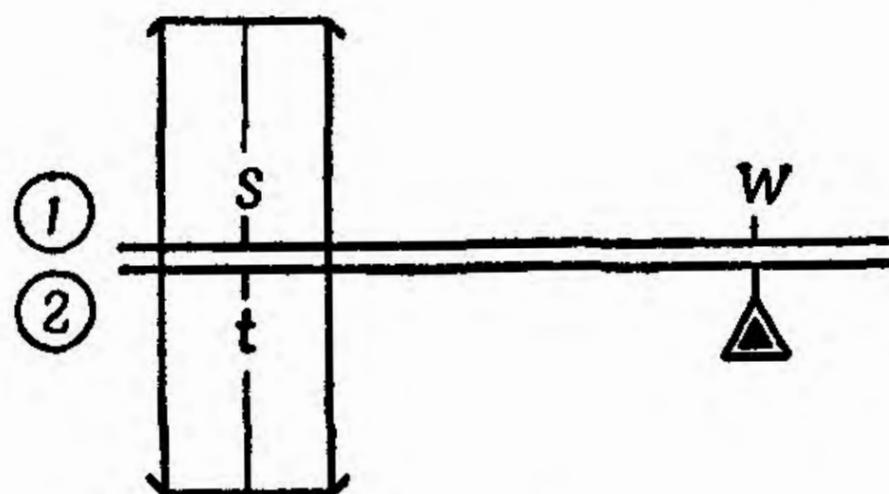


Рис. 24

— передвигая движок, подвести под визирку деление шкалы 2, соответствующее времени полета  $t$ ;

— отсчитать по шкале 1 против индекса  искомую путевую скорость  $W$  в км/час.

**Примеры:** 1) Дано:  $S = 215$  км;  $t = 16$  мин. 30 сек.

Находим:  $W = 780$  км/час.

2) Дано:  $S = 74$  км;  $t = 7$  мин. 40 сек.

Находим:  $W = 580$  км/час.

## 2. Расчет пройденного расстояния по путевой скорости и времени полета

Задача решается по формуле

$$S = Wt.$$

Порядок решения (шкалы 1 и 2):

— передвигая движок, установить индекс  против деления шкалы 1, соответствующего путевой скорости в км/час;

— установить риску визирки по шкале 2 на деление, соответствующее времени полета;

— отсчитать по визирке на шкале 1 искомое расстояние в км.

**Примеры:** 1) Дано:  $W = 710$  км/час;  $t = 7$  мин. 15 сек.

Находим:  $S = 86$  км.

Дано:  $W = 1240$  км/час;  $t = 8$  мин. 35 сек.

Находим:  $S = 177$  км.

**Примечание.** Если время полета измерено в секундах, то против значения путевой скорости необходимо устанавливать индекс ; расстояние в этом случае будет выражено в метрах.

## 3. Расчет времени полета по пройденному расстоянию и путевой скорости

Задача решается по формуле

$$t = \frac{S}{W}.$$

Порядок решения (шкалы 1 и 2):

— передвигая движок, установить индекс  против деления шкалы 1, соответствующего путевой скорости;

— установить визирку по шкале 1 на деление, соответствующее пройденному расстоянию в км;  
— на шкале 2 по визирке отсчитать искомое время полета.

Пример. Дано:  $S = 246$  км;  $W = 590$  км/час.

Находим:  $t = 25$  мин.

Примечание. Если пройденное расстояние измерено в метрах, то против значения путевой скорости необходимо устанавливать индекс  $\odot$ ; время полета в этом случае будет выражено в секундах.

#### 4. Расчет путевой скорости по времени пролета базы, равной высоте полета

Задача решается по формуле (рис. 25)

$$W = \frac{H}{t},$$

где  $H$  — высота полета в м;

$t$  — время пролета базы под углом  $45^\circ$  в сек.

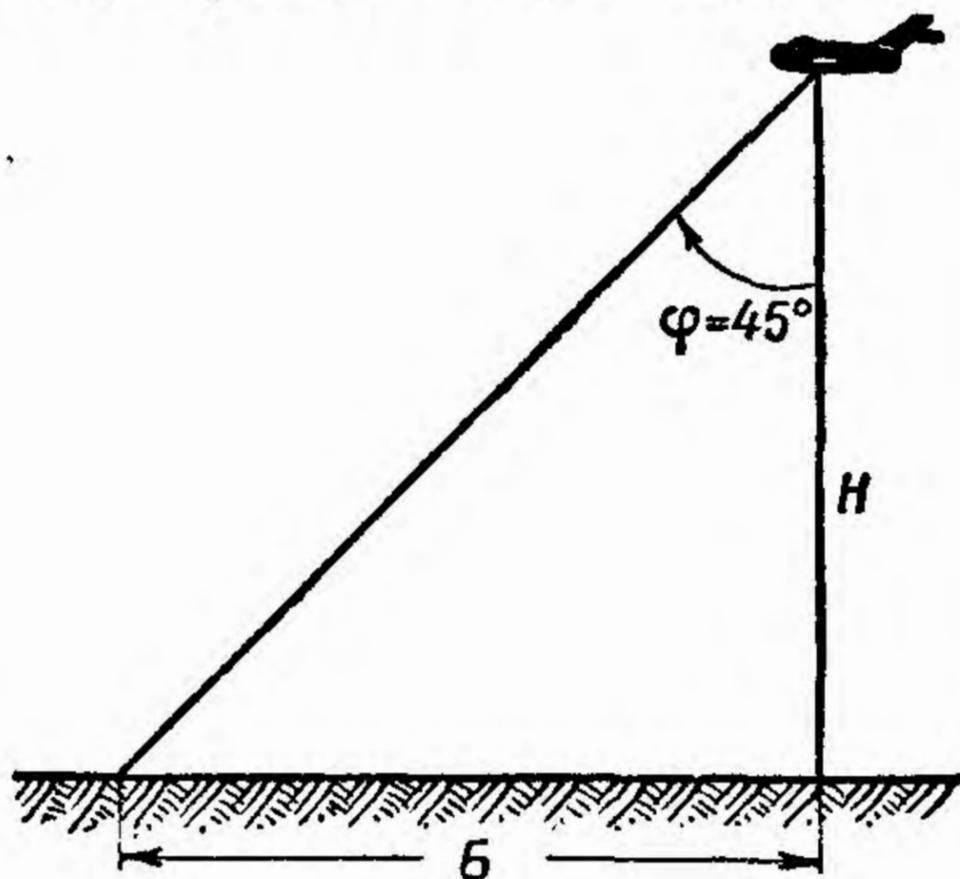


Рис. 25

Порядок решения (шкалы 1 и 2):

— установить риску визирки по шкале 1 на значение высоты в м (рис. 26);

— передвигая движок, подвести под риску значение времени пролета базы в сек.;

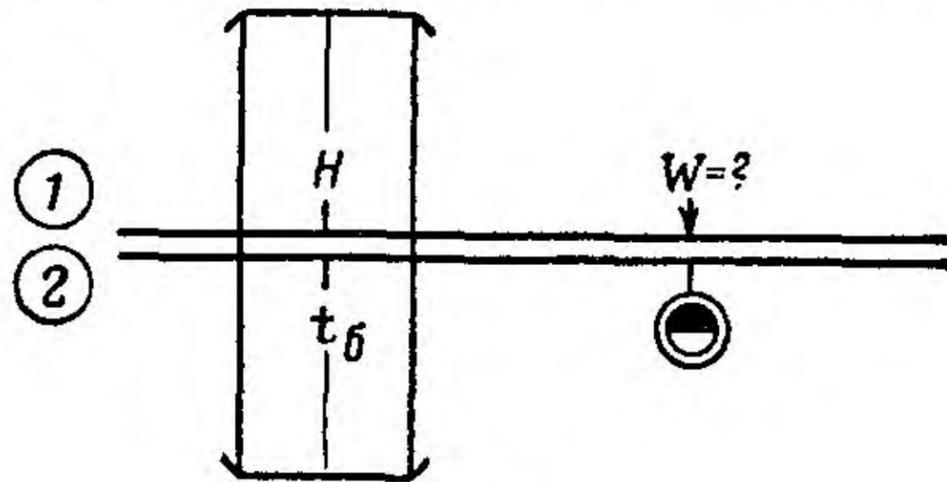


Рис. 26

— отсчитать на шкале 1 против индекса  искомое значение путевой скорости в км/час.

Пример. Дано:  $H = 5000$  м;  $t = 23,5$  сек.  
Находим:  $W = 765$  км/час.

### 5. Расчет поправки в курс по расстоянию и боковому уклонению

Задача решается по формуле (рис. 27)

$$\operatorname{tg} \text{ПК} = \frac{\text{ЛБУ}}{S},$$

где ЛБУ — линейное боковое уклонение в км;  
 $S$  — пройденное или оставшееся расстояние в км.

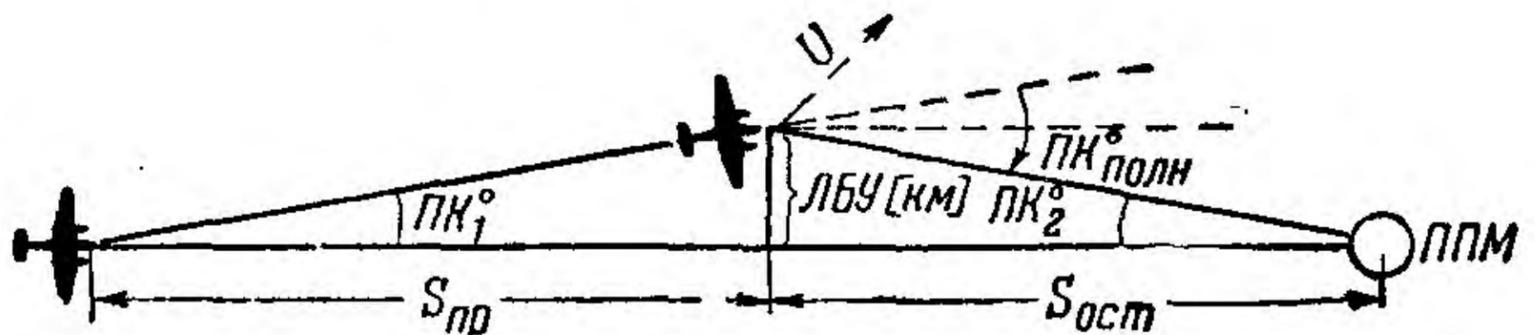


Рис. 27

Порядок решения (шкалы 4 и 5):

— передвигая движок, установить индекс  против деления шкалы 5, соответствующего пройденному расстоянию (рис. 28, а);

— установить визирку по шкале 5 на деление, соответствующее боковому уклонению в км;

— отсчитать по визирке на шкале 4 первую поправку в курс (для выхода параллельно линии заданного пути);

— передвигая движок, установить индекс  $\nabla$  против деления шкалы 5, соответствующего оставшемуся расстоянию (рис. 28, б);

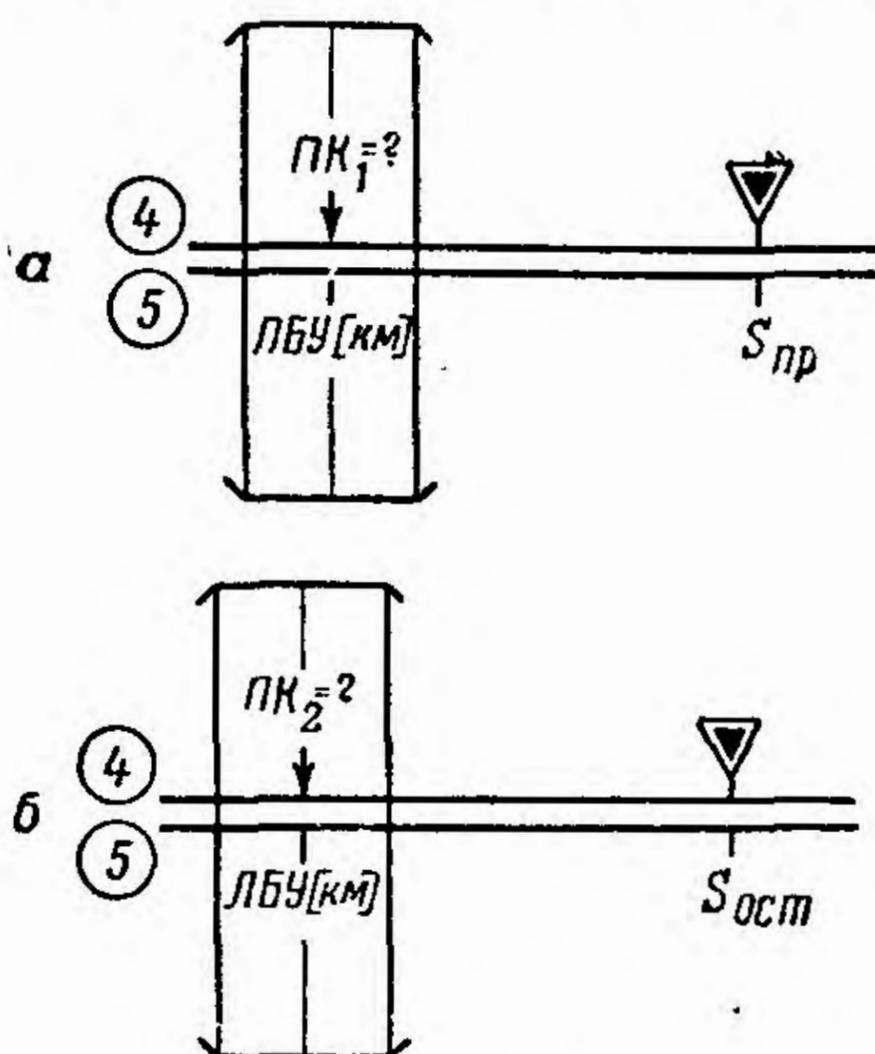


Рис. 28

— отсчитать по визирке на шкале 4 вторую поправку в курс;

— сложить первую и вторую поправки; сумма будет полной поправкой в курс.

Пример. Дано:  $S_{пр} = 65$  км;  $ЛБУ = 8$  км;  $S_{ост} = 90$  км.  
Находим:  $ПК_1 = 7^\circ$ ;  $ПК_2 = 5^\circ$ ;  $ПК_{полн} = 12^\circ$ .

Примечание. Если известно боковое уклонение в градусах и не известно боковое уклонение в километрах, то задача определения дополнительной поправки в курс для выхода на цель или ППМ решается так же, как показано на рис. 28, с той лишь разницей, что вна-

чале против визирки (рис. 28, а) читаем искомое значение не  $БУ^\circ$ , а  $ЛБУ$  в км и по нему уже рассчитываем дополнительную поправку в курс, как показано на рис. 28, б.

Пример. Дано:  $S_{пр} = 73$  км;  $БУ^\circ = ПК^\circ = 10^\circ$ ;

$$S_{ост} = 125 \text{ км.}$$

Находим:  $ЛБУ = 13$  км;  $ПК_{доп} = ПК_2 = 6^\circ$ ;

$$ПК_{полн} = БУ^\circ + ПК_{доп} = 16^\circ.$$

Знак поправки в курс определяется отклонением самолета от линии пути; если самолет отклонился влево, то знак поправки плюс (+), если вправо, то знак поправки минус (—).

## 6. Расчет исправленной высоты полета по показанию барометрического высотомера

### а) Пересчет приборной высоты до 12 000 м

Задача решается по формуле (7).

Порядок решения (шкалы 7, 8 и 9):

— передвигая движок, установить индекс  против значения суммы температур воздуха у земли и на высоте полета  $t_0 + t_H$  (рис. 29);

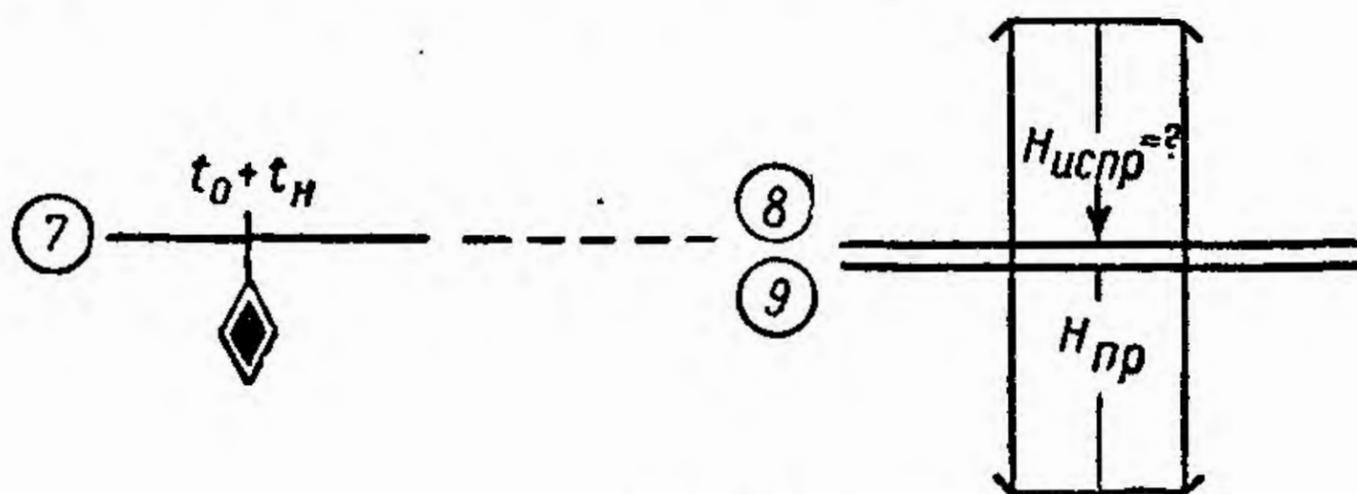


Рис. 29

Примечания: 1. Значение температуры воздуха на высоте полета, снятое с термометра, при всех расчетах высоты и скорости необходимо исправлять по шкале 16

на нагрев чувствительного элемента термометра и вычислять по формуле, помещенной справа шкалы 16.

$$t_{\text{испр}} = t_{\text{пр}} - \Delta t$$

где  $t_{\text{испр}}$  — исправленное значение температуры;

$t_{\text{пр}}$  — значение температуры, снятое с термометра;

$\Delta t$  — поправка в показание термометра, определенная по шкале 16.

2. В условии задач для определения высоты и скорости дано исправленное значение температуры. Кроме того, значения показаний приборов даны с учетом инструментальных и аэродинамических поправок приборов.

— установить визирку по шкале 9 на деление, соответствующее значению высоты по прибору  $H_{\text{пр}}$ ;

— отсчитать по визирке на шкале 8 искомое значение исправленной высоты полета  $H_{\text{испр}}$ .

Пример. Дано:  $H_{\text{пр}} = 7800 \text{ м}$ ;  $t_0 = +22^\circ$ ;  $t_{\text{пр}} = -30^\circ$ .

Находим:  $t_0 + t_H = +22^\circ - 30^\circ = -8^\circ$ ;  $H_{\text{испр}} = 8000 \text{ м}$ .

Примечание. Отсчет высоты по барометрическому высотомеру необходимо снимать при установке на высотомере давления, равного давлению у земли.

### б) Пересчет приборной высоты больше 12 000 м

Задача пересчета решается по формуле (9).

Порядок решения (шкалы 10, 14 и 15):

— передвигая движок, установить деление шкалы 10, соответствующее значению температуры на высоте, против индекса  (рис. 30);

— установить визирку на деление шкалы 15, соответствующее значению высоты по прибору

$H_{пр}$  (использовать внешнюю оцифровку шкалы — 12, 13 и т. д., которая соответствует высоте в тысячах метров);

— отсчитать по визирке искомую исправленную высоту  $H_{испр}$ .

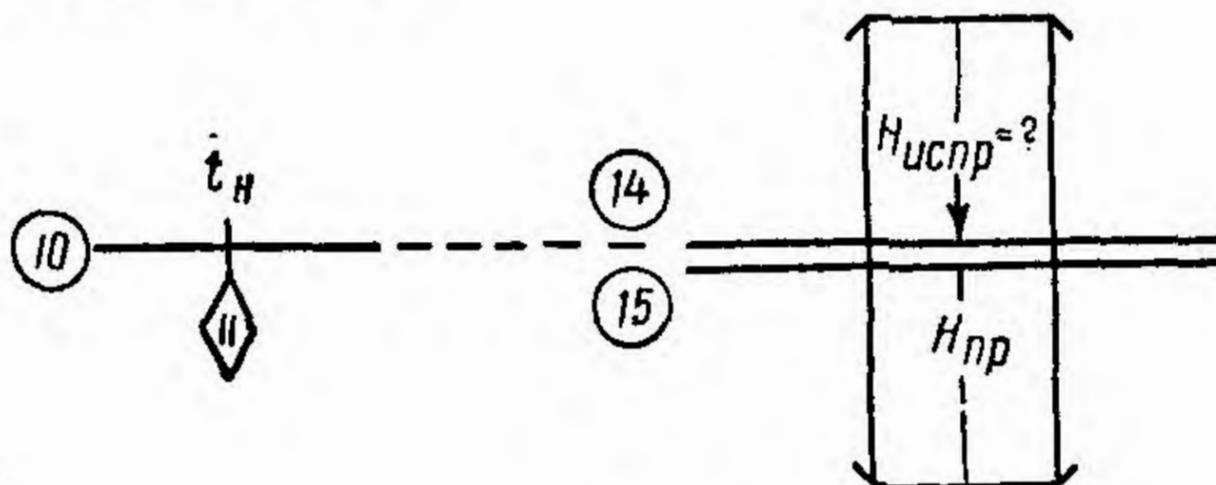
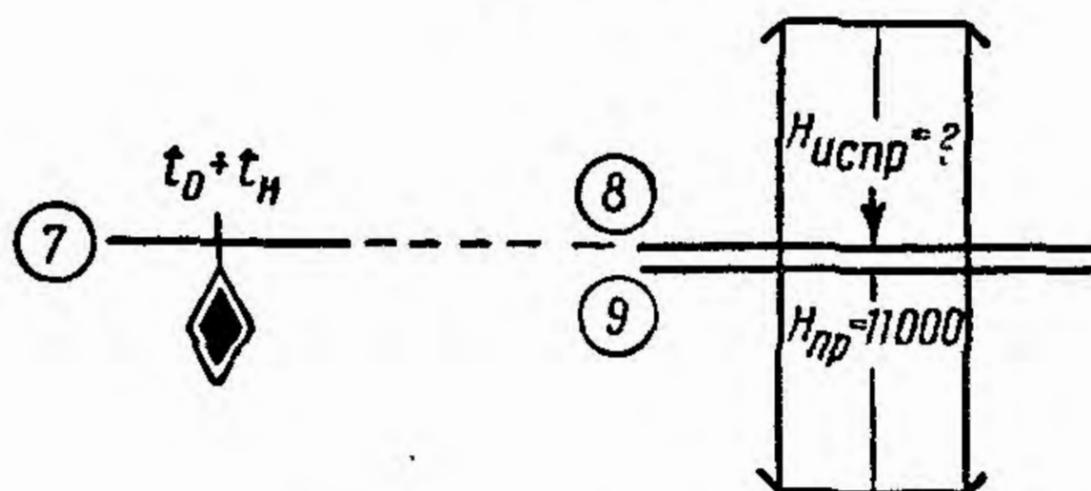


Рис. 30



$$\Delta H = H_{испр} - 11000$$

Рис. 31

Пример. Дано:  $H_{пр} = 15\ 500\ м$ ;  $t_H = -70^\circ$ ;  $t_0 = -10^\circ$ .

Находим:  $H'_{испр} = 15\ 220\ м$ ;

$$H_{испр} = H'_{испр} + \Delta H = 15\ 220 - 850 = 14\ 370\ м.$$

Примечания: 1. Отсчет показаний барометрического высотомера снимается при установке давления, равного 760 мм рт. ст.

2. Для более точного пересчета высоты больше 12 000 м рекомендуется к исправленному значению высоты, снятому со шкалы 14, прибавить со своим знаком поправку, которая определяется либо по формуле

$$\Delta H = 900 + 20 (t_0 + t_H),$$

либо (более точное значение этой поправки) по линейке на шкалах 7, 8, 9, как показано на рис. 31, и по формуле

$$\Delta H = H_{\text{испр}} - 11\,000.$$

Для условий приведенного выше примера эта поправка, определенная по формуле, равна  $\Delta H = 900 + 20(-10-70) = -700$  м, а определенная по линейке равна  $\Delta H = 10\,150 - 11\,000 = -850$  м.

## 7. Расчет исправленной воздушной скорости по показанию указателя скорости

### а) Пересчет показаний аэродинамических указателей скорости типа УС-700 и УС-800

Задача пересчета для высоты полета меньше 12 000 м решается по формуле (11).

Порядок решения (шкалы 11, 12, 14 и 15):  
— установить визирку по шкале 12 на деление, соответствующее высоте полета  $H_{\text{пр}}^*$  в км (рис. 32);

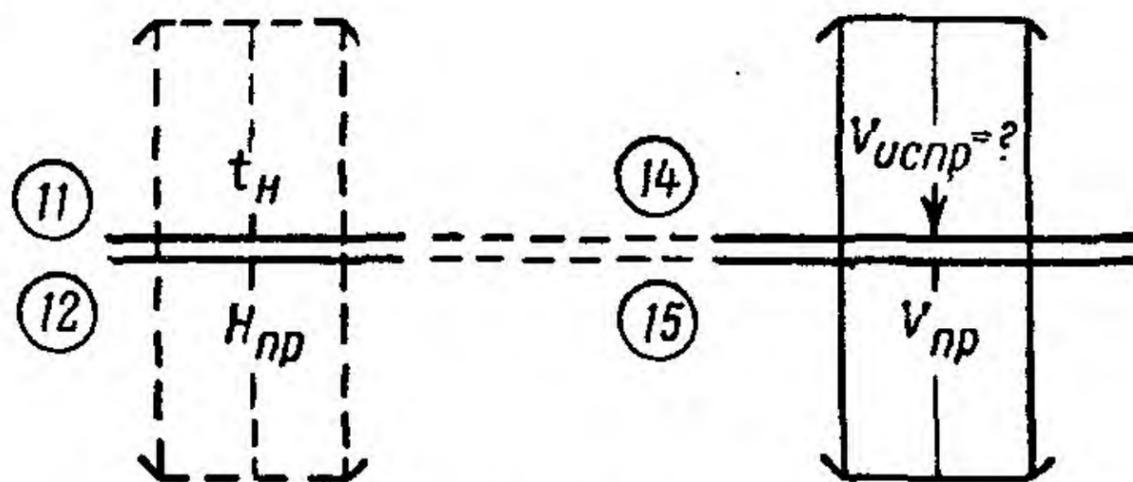


Рис. 32

— передвигая движок, подвести под визирку деление шкалы 11, соответствующее температуре воздуха на высоте  $t_H$ ;

\* Высотомер при этом для большей точности расчета должен быть установлен на начальное давление 760 мм рт. ст.

— установить визирку по шкале 15 на деление, соответствующее показанию указателя скорости  $V_{\text{пр}}$ ;

— отсчитать по визирке на шкале 14 искомую исправленную воздушную скорость  $V_{\text{испр}}$ .

Пример: Дано:  $H_{\text{пр}} = 2700 \text{ м}$ ;  $t_H = -25^\circ$ ;  $V_{\text{пр}} = 240 \text{ км/час}$ .

Находим:  $V_{\text{испр}} = 262 \text{ км/час}$ .

Примечания: 1. Пересчет скорости на указанных шкалах производится без учета сжимаемости воздуха. При скоростях полета больше 350—400 км/час по прибору и на высоте полета больше 4000—5000 м в приборную скорость необходимо вводить поправку на сжимаемость воздуха, которая определяется по графику (рис. 33).

2. Порядок пересчета в этом случае остается тем же, за исключением того, что отсчет исправленной скорости на шкале 14 производится по визирке, установленной по шкале 14 на деление, соответствующее показанию указателя скорости с учетом поправки на сжимаемость воздуха.

Пример. Дано:  $H_{\text{пр}} = 9 \text{ км}$ ;  $t_H = -50^\circ$ ;  $V_{\text{пр}} = 420 \text{ км/час}$ .

Находим: по графику:  $\Delta V_{\text{сж}} = 13 \text{ км/час}$ ;  $V_{\text{пр}} - \Delta V_{\text{сж}} = 407 \text{ км/час}$ ; по линейке:  $V_{\text{испр}} = 650 \text{ км/час}$ .

## б) Пересчет показаний комбинированных указателей скорости типа КУС-1200

Задача пересчета скорости решается по формуле (13).

Порядок решения (шкалы 11, 13, 14 и 15):

— установить визирку по шкале 13 (рис. 34) на деление, соответствующее высоте полета  $H_{\text{пр}}$  в км (при высоте более 11 000 м визирку устанавливать на значение высоты, равное 11 000 м; для более точного расчета скорости высотомер должен быть установлен на начальное давление 760 мм рт. ст.);

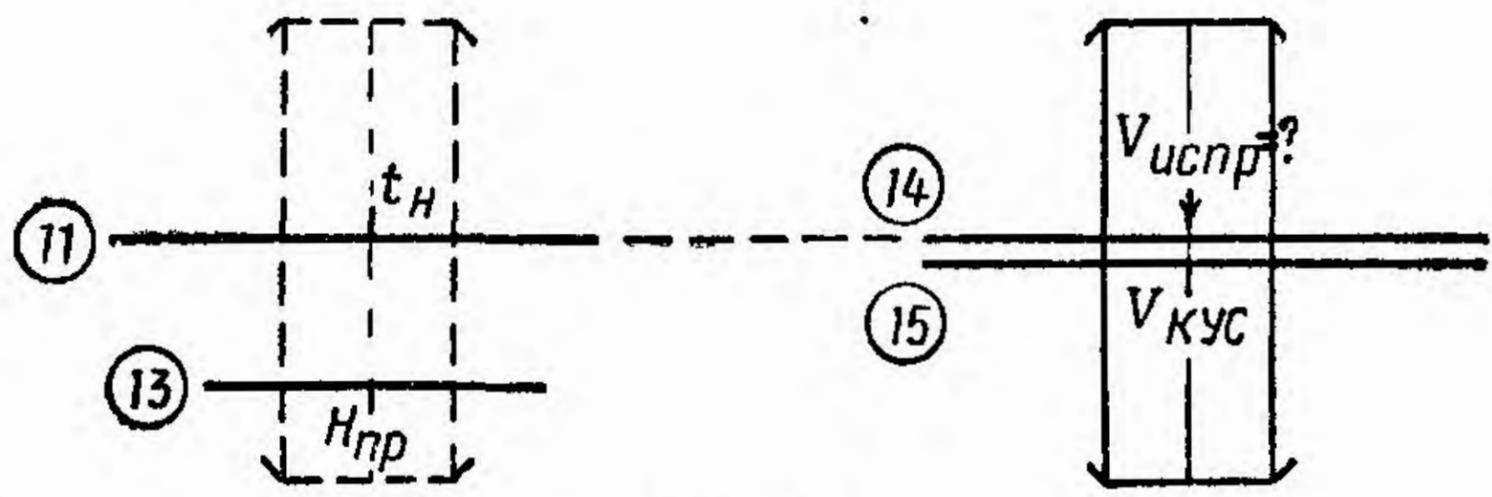
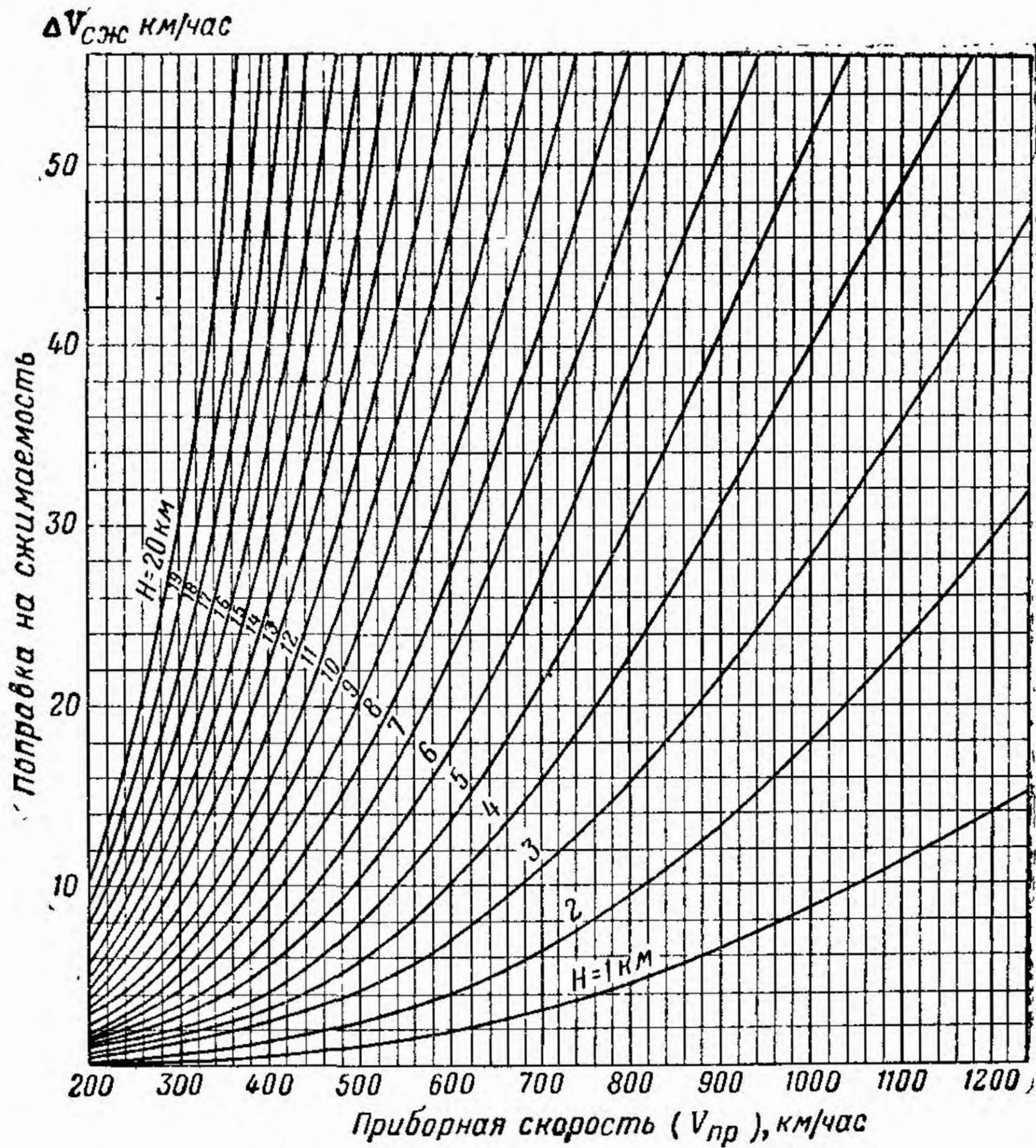


Рис. 34

— передвигая движок, подвести под визирку деление шкалы 11, соответствующее температуре воздуха на высоте  $t_H$ ;

— установить визирку на деление шкалы 15, соответствующее показанию указателя скорости  $V^*_{\text{кус}}$ ;

— отсчитать по визирке на шкале 14 искомую исправленную воздушную скорость  $V_{\text{испр}}$ .

**Примеры:** 1) Дано:  $H_{\text{пр}} = 7500 \text{ м}$ ;  $t_H = -15^\circ$ ;  $V_{\text{кус}} = 700 \text{ км/час}$ .

Находим:  $V_{\text{испр}} = 728 \text{ км/час}$ .

2) Дано:  $H_{\text{пр}} = 14\,000 \text{ м}$ ;  $V_{\text{кус}} = 1420 \text{ км/час}$ ;  $t_H = -70^\circ$ .

Находим:  $V_{\text{испр}} = 1370 \text{ км/час}$ .

## 8. Расчет угла сноса и путевой скорости по известному вектору ветра

Задача решается по формулам (рис. 35)

$$\sin \angle C = \frac{U}{V} \sin \angle B;$$

$$W = \frac{\sin(\angle B + \angle C)}{\sin \angle B} V,$$

где  $\angle C$  — угол сноса;

$U$  — скорость ветра в км/час;

$V$  — воздушная скорость в км/час;

$\angle B$  — угол ветра в град.;

$W$  — путевая скорость в км/час.

Порядок решения (шкалы 3 и 5):

— установить визирку по шкале 5 на деление, соответствующее воздушной скорости  $V$  (рис. 36);

— передвигая движок, подвести под визирку деление шкалы 3, соответствующее углу ветра

---

\* При скорости больше 1200 км/час значение показаний можно уменьшить в 10 раз.

$UV^*$ , если  $UV$  заключен в пределах  $5-90^\circ$  или  $90-175^\circ$ ; или деление шкалы 4, если  $UV$  заключен в пределах  $0-5^\circ$  или  $175-180^\circ$ ;

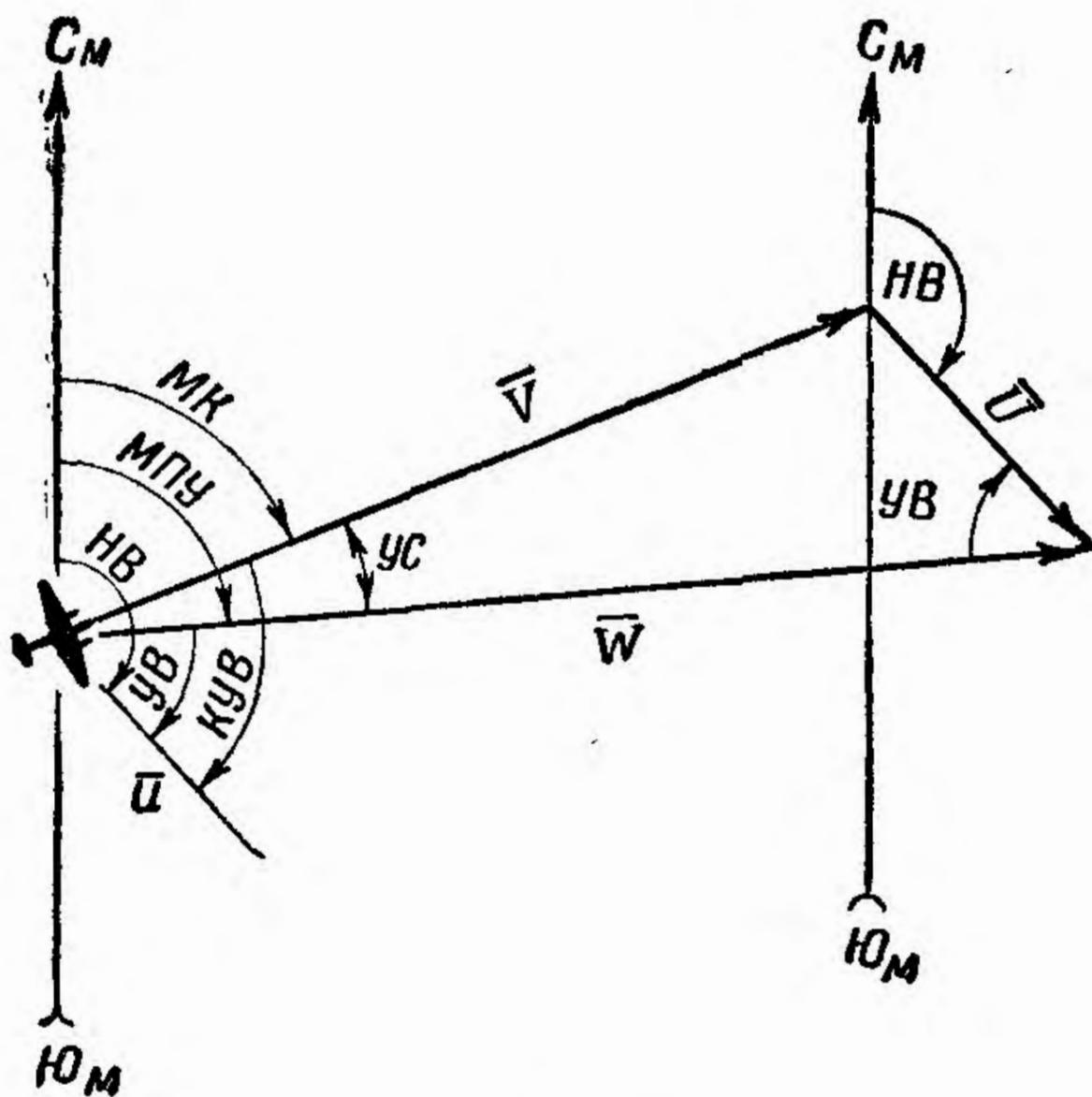


Рис. 35

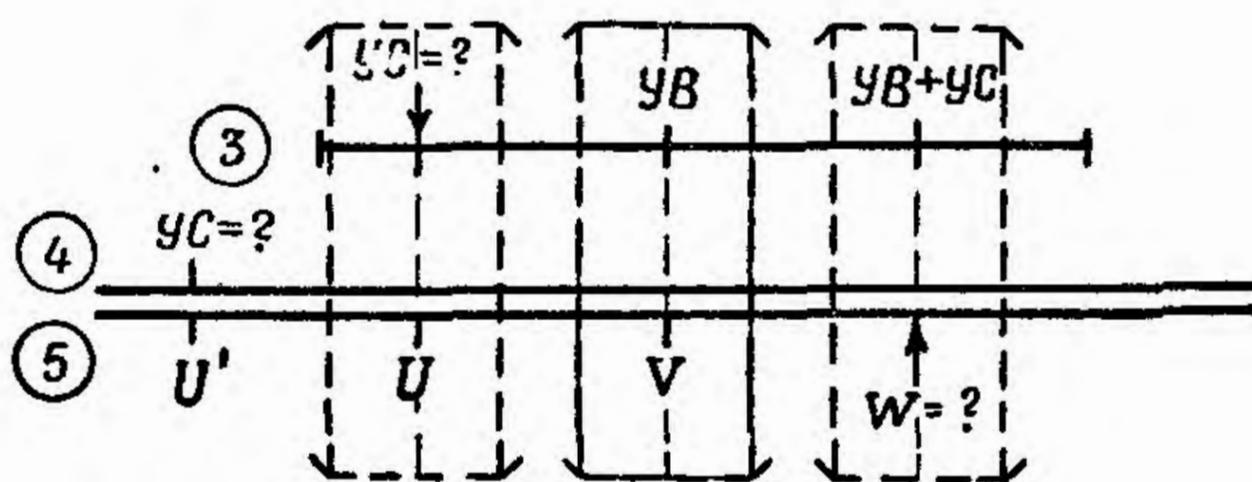


Рис. 36

\* Угол ветра определяется по формуле, помещенной справа шкалы 3:  $UV = NB - PU$  (направление ветра минус путевой угол). Его надо считать всегда меньше  $180^\circ$ ; если

— установить визирку на деление шкалы 5, соответствующее скорости ветра  $U$ ;

— отсчитать по визирке на шкале 3 (если угол сноса меньше  $5^\circ$ , то по шкале 4) искомый угол сноса  $УС$ ;

— сложить арифметически угол ветра и угол сноса (при углах ветра меньше  $90^\circ$ ) или получить их разность (при углах ветра больше  $90^\circ$ );

— установить визирку по шкале 3 на деление, соответствующее сумме  $УВ + УС$  или разности  $УВ - УС$ ;

— отсчитать по визирке на шкале 5 искомую путевую скорость  $W$ .

**Примеры:** 1) Дано:  $V = 620$  км/час;  $U = 120$  км/час;  $УВ = 152^\circ$ ;  $МПУ = 120^\circ$ .

Находим:  $УВ = 32^\circ$ ;  $УС = + 6$ ;  $W = 720$  км/час.

2) Дано:  $V = 280$  км/час;  $U = 45$  км/час;  $УВ = 155^\circ$ .

Находим:  $УС = 4^\circ$ ;  $W = 237$  км/час.

**Примечания:** 1. Знак сноса будет минус (—), если  $УВ$  взят как дополнение до  $360^\circ$ ; в остальных случаях знак сноса будет плюс (+).

2. В тех случаях, когда  $УС$  получится малым (меньше  $0,5^\circ$ ), его нужно считать равным 0, а  $W$  рассчитывать по формуле

$$W = V \pm U.$$

## 9. Расчет угла сноса самолета по вертикальному углу и боковому уклонению

Задача решается по формуле

$$УС^\circ = \frac{БУ^\circ}{\text{tg } EУ^\circ},$$

---

он получится больше  $180^\circ$ , следует взять дополнение до  $360^\circ$ .

Не следует смешивать  $УВ$  с  $КУВ$  (курсовой угол ветра есть угол между направлением продольной оси самолета и направлением ветра).

где  $ВУ^\circ$  — вертикальный угол ориентира, находящегося впереди по линии курса;

$БУ^\circ$  — боковое уклонение в град. (вертикальный угол ориентира на траверзе к линии курса).

Порядок решения (шкалы 4 и 5):

— установить визирку по шкале 5 против значения бокового уклонения  $БУ^\circ$  (рис. 37);

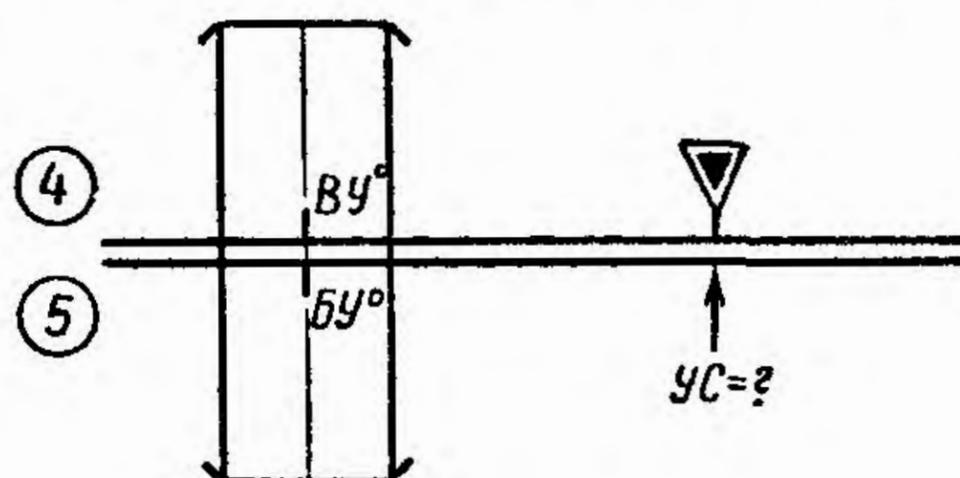


Рис. 37

— передвигая движок, подвести под визирку значение вертикального угла  $ВУ^\circ$  на шкале 4;

— отсчитать по шкале 5 против индекса  $\nabla$  искомое значение угла сноса.

Пример: Дано:  $ВУ = 30^\circ$ ;  $БУ = -7^\circ$ .

Находим:  $УС = -12^\circ$ .

Примечание. При  $ВУ = 45^\circ$   $УС = БУ$ ; при  $ВУ = 26,5^\circ$   $УС = 2БУ$ ; при  $ВУ = 63,5^\circ$   $УС = 1/2 БУ$ .

## 10. Определение угла сноса по боковой радиостанции

Задача решается по формулам (рис. 38)

$$\operatorname{tg} УС = \frac{t_2 - t_1}{t_1 + t_2}$$

или

$$\operatorname{tg} (45^\circ + УС) = \frac{t_2}{t_1},$$

где  $t_1$  — время полета в сек. с момента, когда КУР изменяется от  $45^\circ$  до  $90^\circ$  или от  $315^\circ$  до  $270^\circ$ ;

$t_2$  — время полета в сек. с момента, когда КУР изменяется от  $90^\circ$  до  $135^\circ$  или от  $270^\circ$  до  $225^\circ$ .

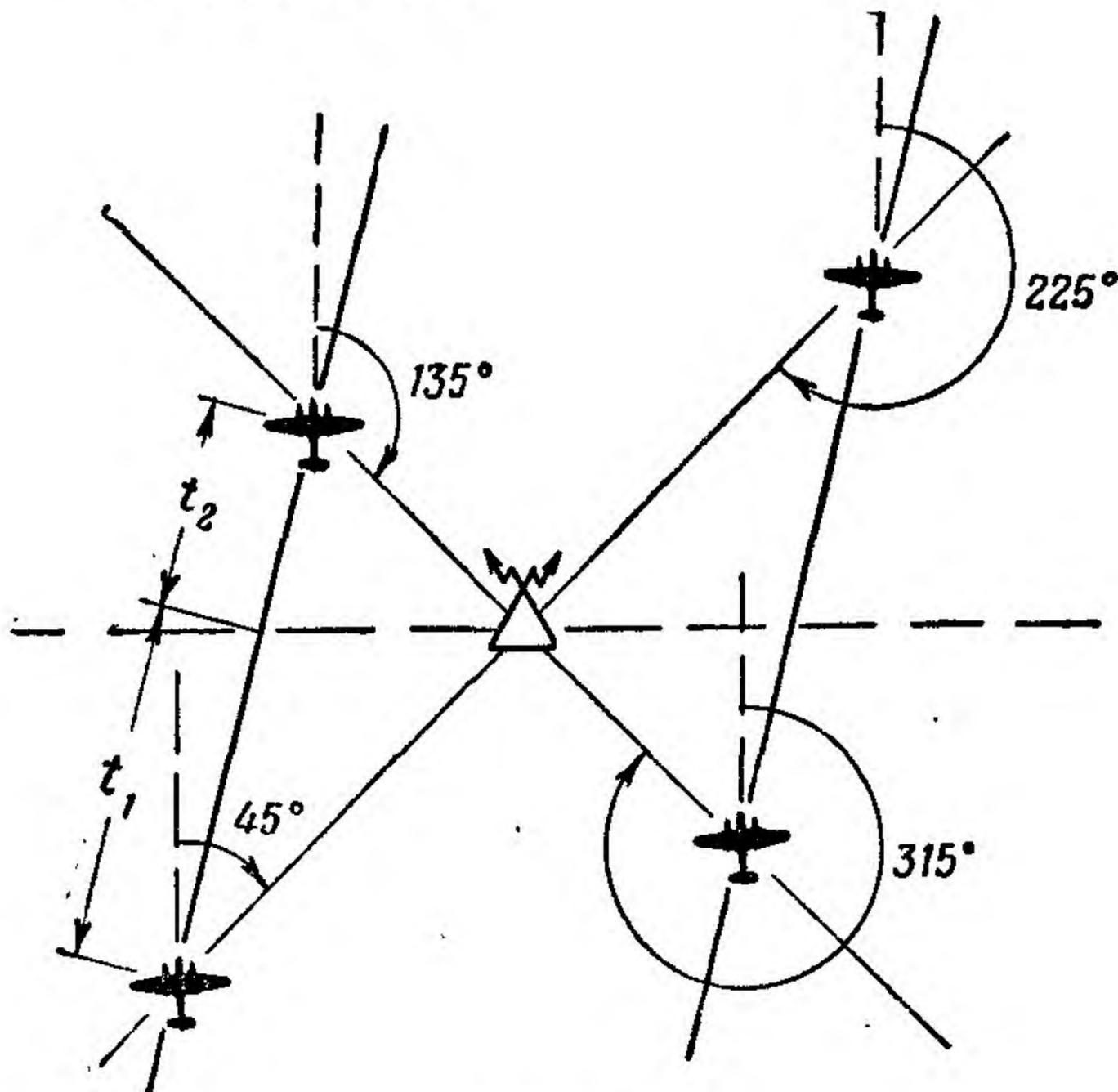


Рис. 38

Порядок решения (шкалы 4 и 5):

— установить индекс  $\nabla$  по шкале 5 на значение суммы  $t_1 + t_2$  (рис. 39) или на значение  $t_1$  в сек. (рис. 40);

— установить визирку по шкале 5 на значение разности времени  $t_2 - t_1$  или на значение  $t_2$  в сек.;

— отсчитать по шкале 4 искомый угол сноса или величину  $45^\circ \pm \text{УС}$  (во втором случае).

**Примеры:** 1) Дано:  $t_1 = 2$  мин. 25 сек. = 145 сек.;  $t_2 = 4$  мин. 15 сек. = 255 сек. Радиостанция слева,  $t_2 > t_1$  — знак сноса (+).

Находим:  $t_1 + t_2 = 400$  сек.;  $t_2 - t_1 = 110$  сек.;  $УС = + 15^\circ$ .

2) Дано:  $t_1 = 2$  мин. 34 сек. = 154 сек.;  $t_2 = 3$  мин. 25 сек. = 205 сек., радиостанция справа,  $t_2 > t_1$  — знак сноса (-).

Находим: по линейке  $\varphi = 53^\circ$ ;  $УС = 45^\circ - 53^\circ = - 8^\circ$ .

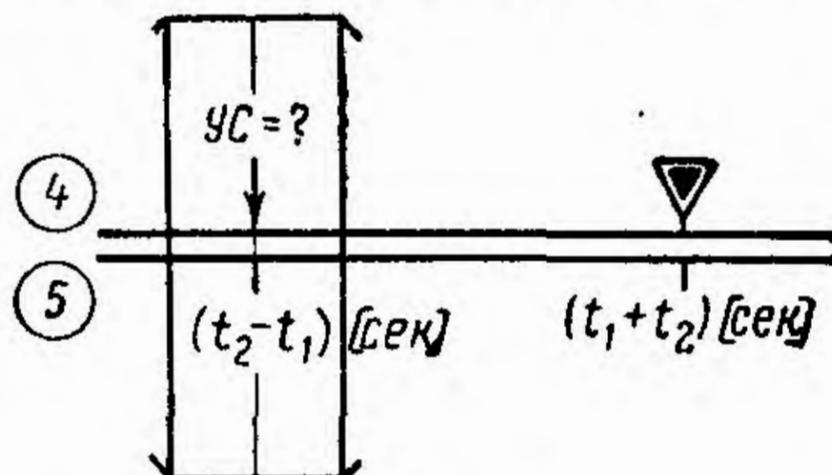


Рис. 39

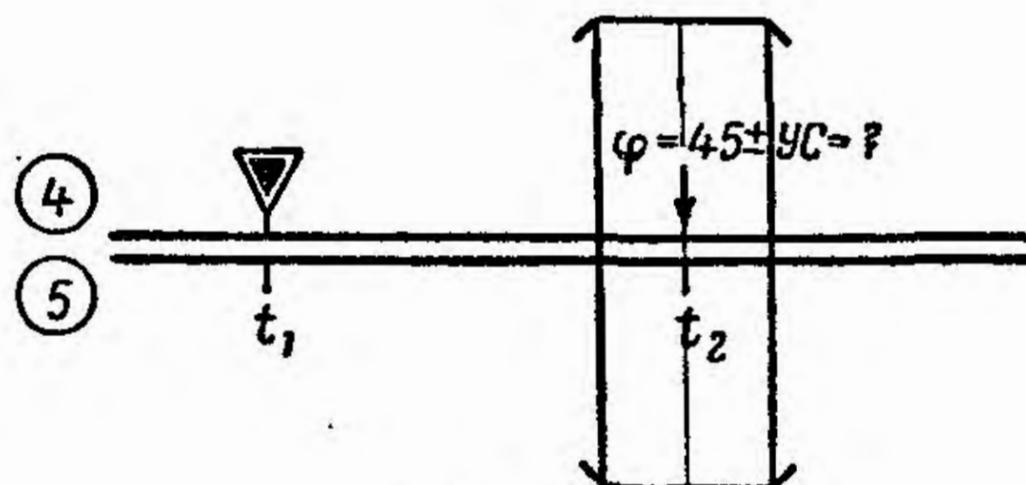


Рис. 40

**Примечание.** Знак угла сноса определяется по следующему правилу: если пеленгуемая радиостанция находится слева и если время полета  $t_2$  больше  $t_1$ , то знак сноса плюс (+), при  $t_2$  меньше  $t_1$  — знак сноса минус (-); если же пеленгуемая радиостанция находится справа, то при времени полета  $t_2$  больше  $t_1$  знак сноса минус (-), а при  $t_2$  меньше  $t_1$  — знак сноса плюс (+). При решении задачи во втором случае величина и знак угла сноса определяются из равенства

$$УС = 45^\circ - \varphi,$$

если радиостанция находится справа, или из равенства

$$УС = \varphi - 45^\circ,$$

если радиостанция находится слева.

## 11. Расчет горизонтальной дальности по высоте и вертикальному углу

Задача решается по формуле (рис. 41)

$$ГД = H \operatorname{tg} ВУ,$$

где  $H$  — высота полета;

$ВУ$  — вертикальный угол.

Порядок решения (шкалы 4 и 5):

— передвигая движок, установить индекс  $\nabla$  против деления шкалы 5, соответствующего высоте полета  $H$  (рис. 42);

— установить визирку по шкале 4 на деление, соответствующее заданному вертикальному углу  $ВУ$ ;

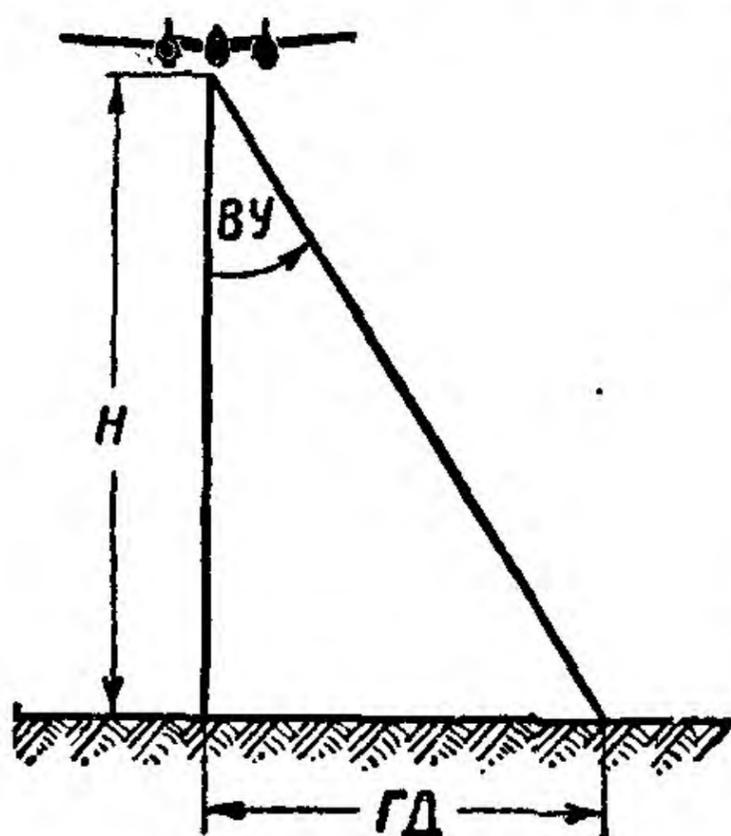


Рис. 41

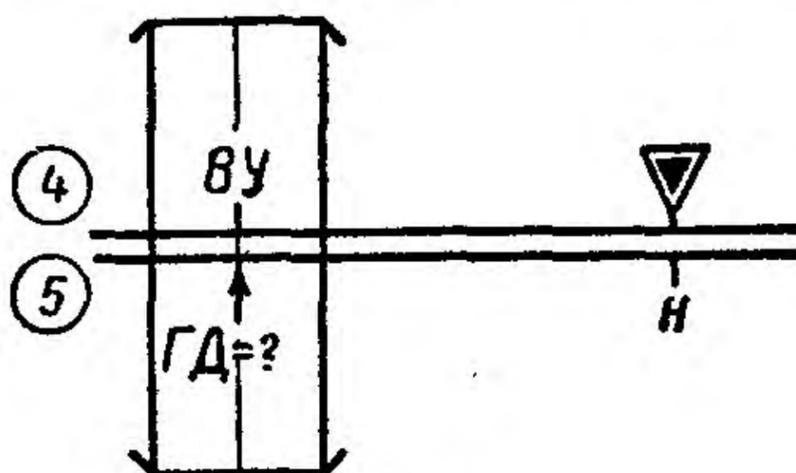


Рис. 42

— отсчитать по визирке на шкале 5 искомое значение горизонтальной дальности  $ГД$ .

Пример: Дано:  $H = 8300$  м;  $ВУ = 28^\circ$ .

Находим:  $ГД = 4400$  м.

## 12. Расчет горизонтальной дальности по высоте и наклонной дальности

Задача решается по формулам (рис. 43)

$$ГД = (НД) \sin ВУ;$$

$$ГД = \frac{H}{\operatorname{tg} \alpha};$$

$$ГД = \sqrt{(НД)^2 - Н^2},$$

где  $H$  — высота полета;  
 $НД$  — наклонная дальность;  
 $ГД$  — горизонтальная дальность;  
 $\alpha$  — вспомогательный угол;  
 $ВУ$  — вертикальный угол ( $ВУ = 90^\circ - \alpha$ ).

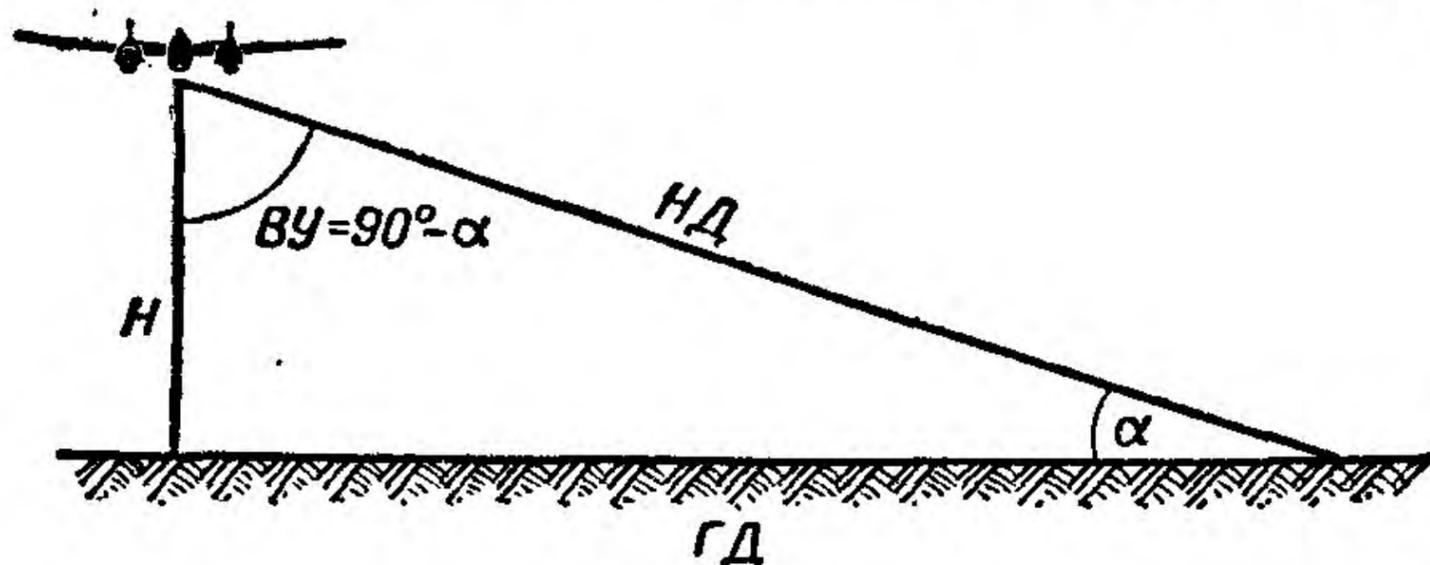


Рис. 43

Порядок решения (шкалы 3, 4 и 5):  
 — передвигая движок, установить индекс  $\nabla$  на деление шкалы 5, соответствующее наклонной дальности  $НД$  (рис. 44, а);  
 — установить визирку по шкале 5 на деление, соответствующее высоте полета  $H$ ;  
 — отсчитать по визирке на шкале 3 вспомогательный угол  $\alpha$ ;  
 — перевести визирку на деление шкалы 3, соответствующее вертикальному углу ( $90^\circ - \alpha$ );  
 — отсчитать по визирке на шкале 5 искомую горизонтальную дальность  $ГД$ .

Пример. Дано:  $НД = 22,8$  км;  $H = 10$  км.  
 Находим:  $\alpha = 26^\circ$ ;  $ВУ = (90^\circ - \alpha) = 64^\circ$ , затем  $ГД = 20,5$  км.

При малых углах  $\alpha$  для большей точности расчета можно задачу определения  $ГД$  решать по второй формуле, используя шкалу тангенсов.

Порядок решения:

— определить значение вспомогательного угла  $\alpha$  так, как указано выше;

— установить визирку по шкале 5 на деление, соответствующее  $H$  (рис. 44, б);

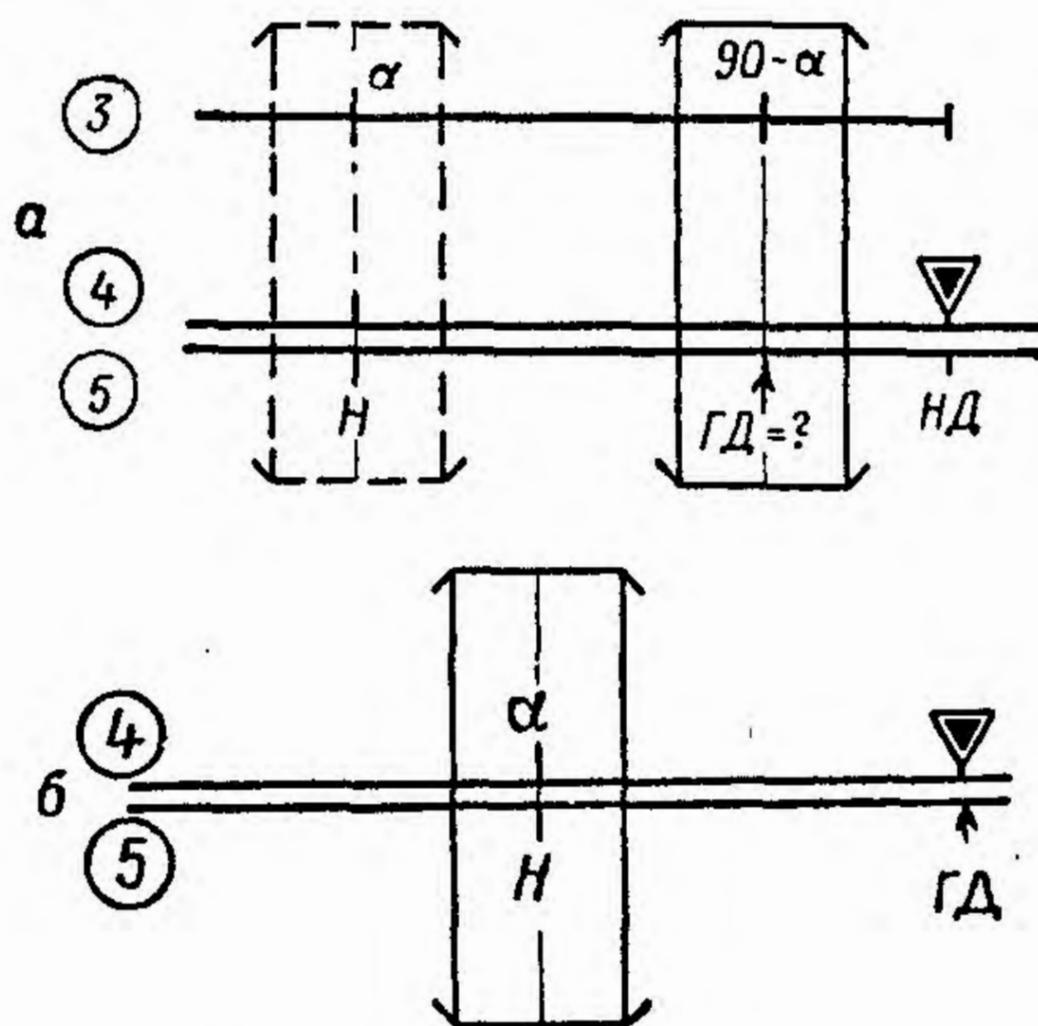


Рис. 44

— передвигая движок, подвести под визирку деление шкалы 4, соответствующее значению  $\alpha$ ;

— отсчитать против индекса  $\nabla$  по шкале 5 искомое значение  $ГД$ .

Решение задачи по третьей формуле выполняется по шкалам 5 и 6, как правило, во время предварительной подготовки.

Порядок решения:

— устанавливая визирку по шкале 6 последовательно на деления, соответствующие значению  $НД$  и  $Н$  (рис. 45), отсчитать квадраты этих значений по визирке на шкале 5 и затем, найдя

разность полученных квадратов этих значений  $(НД)^2 - Н^2$ , установить ее на шкале 5;

— отсчитать при помощи визирки по шкале 6 искомое значение горизонтальной дальности  $ГД$ .

Пример. Дано:  $НД = 28$  км;  $Н = 9$  км.

Находим:  $(НД)^2 = 784$ ;  $Н^2 = 81$ , затем  $(НД)^2 - Н^2 = 703$  и  $ГД = 26,6$  км.

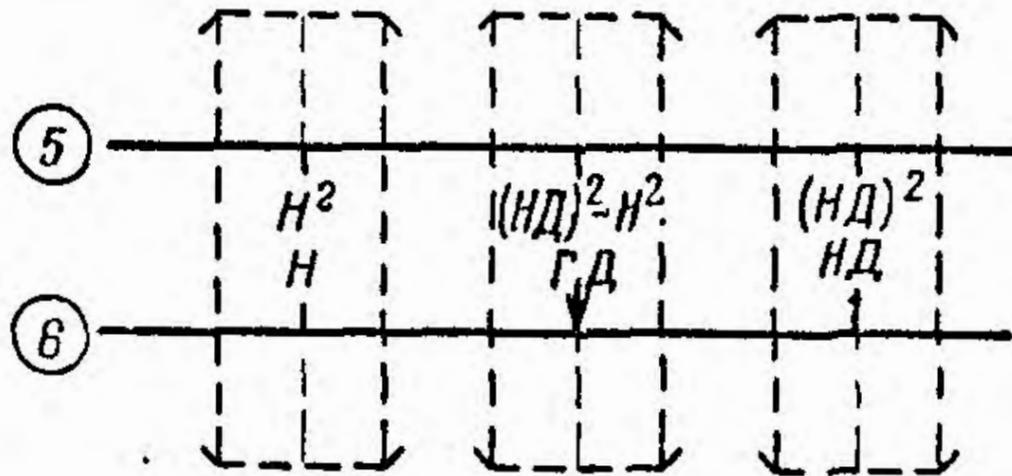


Рис. 45

### 13. Определение путевой скорости при помощи круговых систем

Задача решается по формуле (рис. 46)

$$W = \frac{\Delta R}{t \sin \psi},$$

где  $\psi$  — угол станций;

$\Delta R$  — изменение дальности от станции скорости за время  $t$ .

Порядок решения (шкалы 1, 2 и 3);

— установить визирку по шкале 1 на деление, соответствующее значению  $\Delta R$  (рис. 47);

— передвигая движок, подвести под визирку деление шкалы 2, соответствующее значению  $t$ ;

— перевести визирку до совмещения риски с индексом  $\odot$ ;

— передвигая движок, подвести под визирку деление шкалы 3, соответствующее углу  $\psi$ ;

— отсчитать по шкале 1 против индекса 100 искомое значение полевой скорости  $W$ .

Пример. Дано:  $\psi = 41^\circ$ ;  $\Delta R = 4000$  м;  $t = 30$  сек.  
Находим:  $W = 735$  км/час.

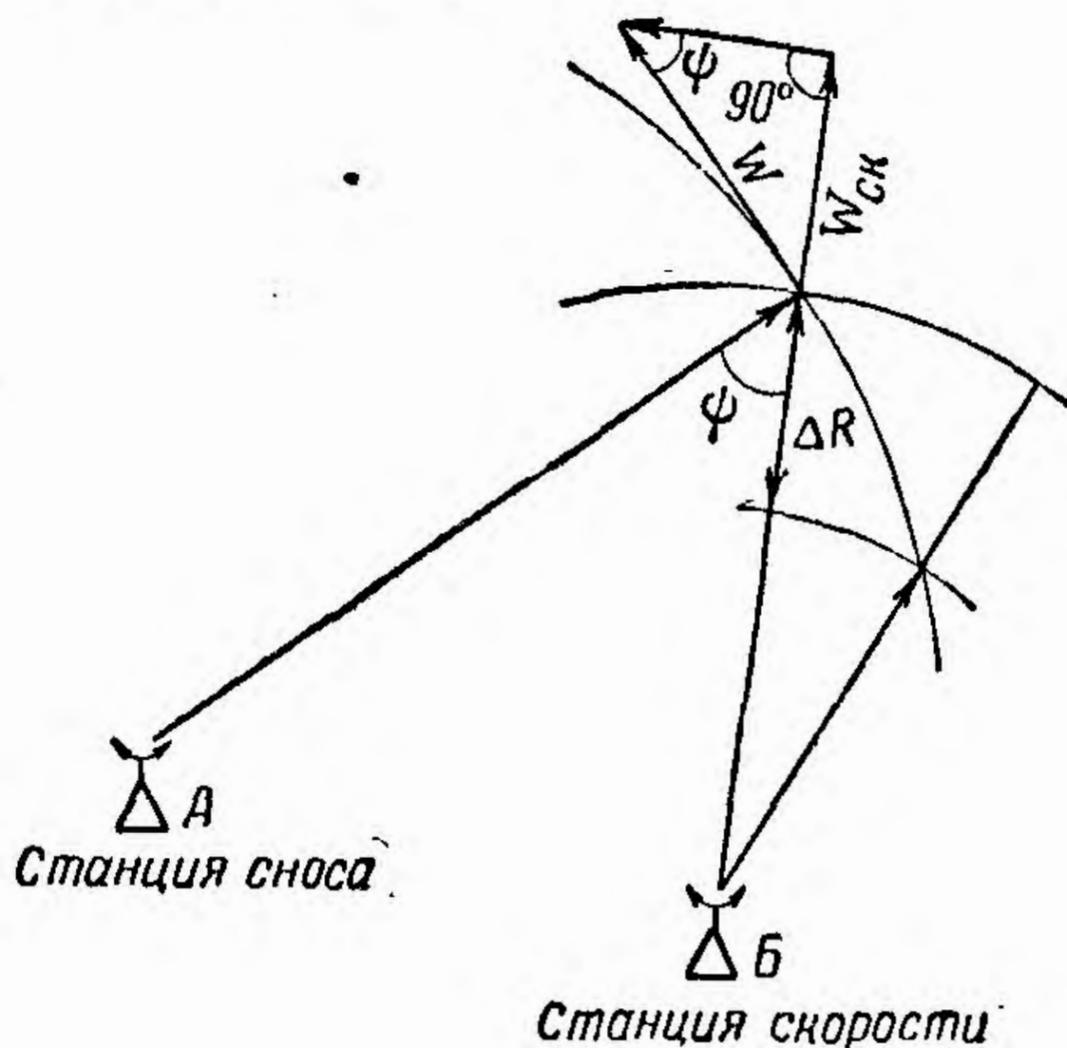


Рис. 46

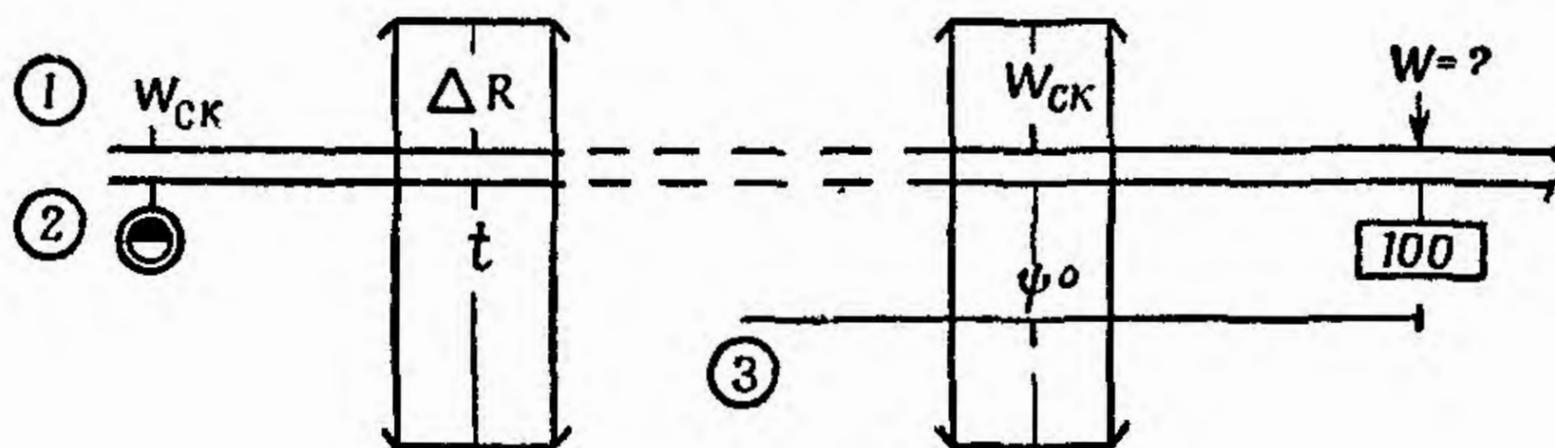


Рис. 47

## II. РАСЧЕТЫ НА МАНЕВРИРОВАНИЕ

14. Определение радиуса разворота по углу крена и скорости разворота

Задача решается по формуле

$$R = \frac{V^2}{g \operatorname{tg} \beta'}$$

где  $R$  — радиус разворота самолета в  $m$ ;  
 $V$  — скорость полета самолета в  $m/сек$ ;  
 $g$  — ускорение силы тяжести, равное  $9,81 m/сек^2$ .

Порядок решения (шкалы 4, 5 и 6):  
 — установить визирку по шкале 6 на деление, соответствующее скорости полета самолета  $V^*$  в  $км/час$  (рис. 48);

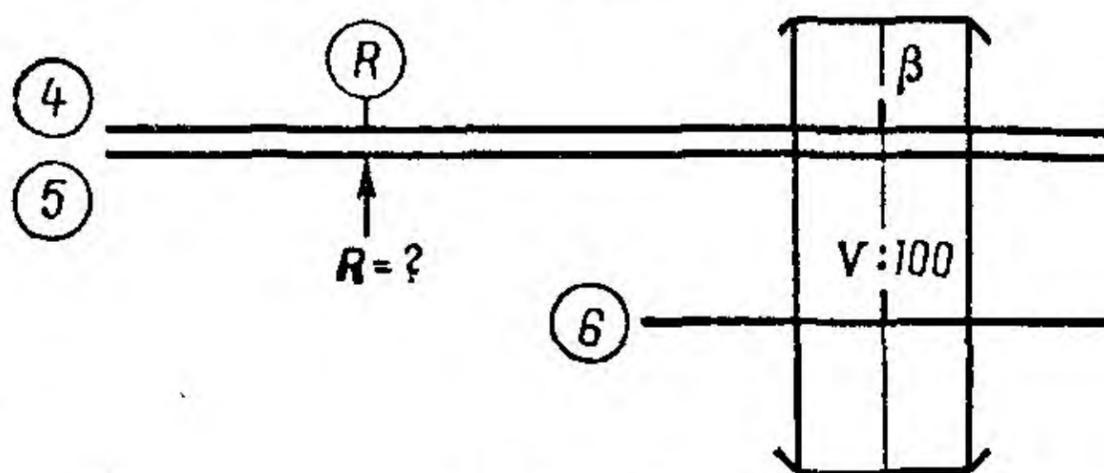


Рис. 48

— передвигая движок, подвести под визирку деление шкалы 4, соответствующее углу крена самолета  $\beta$ ;

— отсчитать по шкале 5 против индекса  $\textcircled{R}$  искомое значение радиуса разворота самолета  $R$  в  $км$  или  $m$ . (Ключ для решения этой задачи помещен на линейке, слева от шкалы 3.)

Примеры. 1) Дано:  $V = 650 км/час$ ;  $\beta = 15^\circ$ .

Находим:  $R = 12,4 км$ .

2) Дано:  $V = 230 км/час$ ;  $\beta = 30^\circ$ .

Находим:  $R = 720 m$ .

## 15. Определение времени разворота самолета с заданным радиусом и скоростью разворота

Задача решается по формулам

$$t_{360} = \frac{2\pi R}{V};$$

\* Устанавливаемое значение  $V$  может быть уменьшено в 10 или 100 раз.

$$t_{УР} = \frac{\pi R}{V} \cdot \frac{УР}{180} = \frac{УР}{360} \cdot t_{360},$$

где  $\pi = 3,14$ ;

$R$  — радиус разворота в км или м;

$V$  — скорость разворота в км/час или м/сек;

$УР$  — угол разворота самолета.

Порядок решения (шкалы 1 и 2):

— установить визирку по шкале 1 на деление, соответствующее скорости полета самолета  $V$  в км/час (рис. 49);

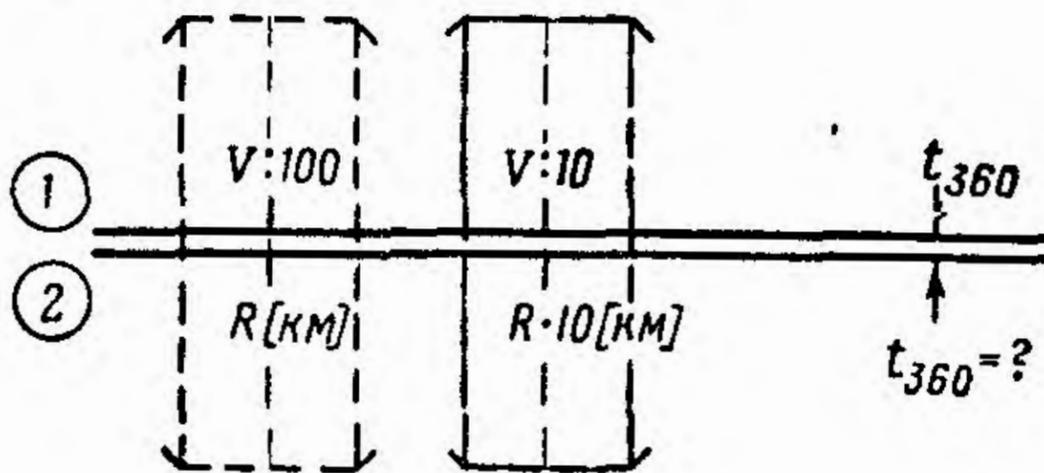


Рис. 49

— передвигая движок, подвести под визирку деление шкалы 2, соответствующее радиусу разворота  $R$ ;

— отсчитать по шкале 2 против индекса  $t_{360}$  искомое время разворота самолета на  $360^\circ$ .

Примеры. Дано: 1)  $V = 700$  км/час;  $R = 8,5$  км.

Находим:  $t_{360} = 4$  мин. 35 сек.

2) Дано:  $V = 450$  км/час;  $R = 6,5$  км.

Находим:  $t_{360} = 5$  мин. 26 сек.

3) Дано:  $V = 240$  км/час;  $R = 1500$  м.

Находим:  $t_{360} = 2$  мин. 22 сек.

Примечания: 1. При радиусе разворота до 10 км скорость уменьшать в 10 раз и устанавливать на втором интервале шкалы 1; радиус разворота увеличивать в 10 раз и устанавливать на втором интервале шкалы 2.

2. При радиусе разворота более 10 км скорость уменьшать в 100 раз и устанавливать на первом интервале шкалы 1, а радиус разворота в км устанавливать на первом интервале шкалы 2.

Для определения времени разворота на любой угол необходимо:

— определить время разворота на  $360^\circ$ , как указано выше;

— установить визирку по шкале 1 на деление, соответствующее значению  $360$  (рис. 50);

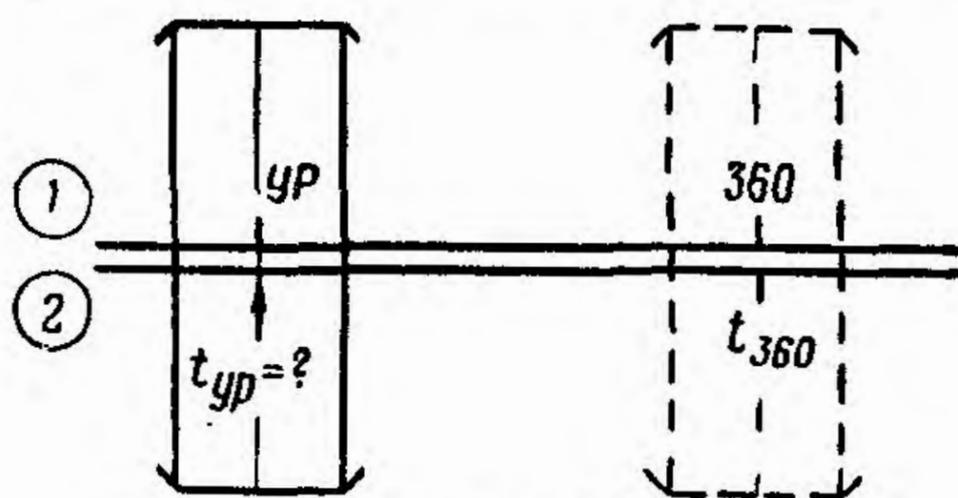


Рис. 50

— передвигая движок, подвести под визирку по шкале 2 значение времени разворота самолета на  $360^\circ$ ;

— установить визирку по шкале 1 на величину угла разворота самолета;

— отсчитать по шкале 2 искомое значение времени разворота на заданный угол.

Пример. Дано:  $t_{360} = 5$  мин. 35 сек.;  $УР = 125^\circ$ .

Находим:  $t_{yp} = 1$  мин. 56 сек.

## 16. Определение времени разворота самолета с заданным креном и скоростью разворота

Задача решается по формуле

$$t_{360} = \frac{2\pi V}{g \operatorname{tg} \beta} = 0,177 \frac{V [\text{км/час}]}{\operatorname{tg} \beta}.$$

Порядок решения (шкалы 4 и 5):

— установить визирку по шкале 5 на деление, соответствующее скорости полета  $V$  в км/час (рис. 51);

— передвигая движок, подвести под визирку деление шкалы 4, соответствующее углу крена  $\beta$ ;  
 — отсчитать по шкале 5 против деления, соответствующего  $10^\circ$  шкалы 4, искомое время разворота самолета в сек.

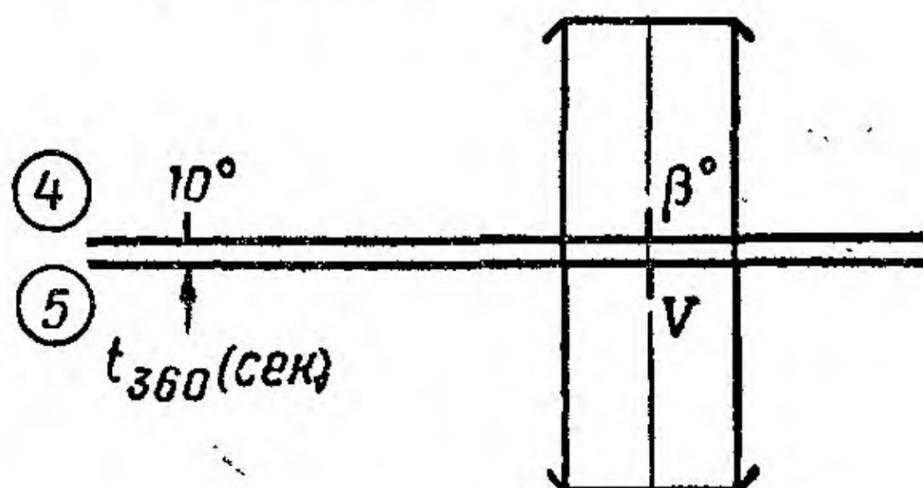


Рис. 51

Пример. Дано:  $V = 450$  км/час;  $\beta = 15^\circ$ .

Находим:  $t_{360} = 295$  сек. = 4 мин. 55 сек.

Время разворота на заданный угол в этом случае может быть определено так, как показано на рис. 52.

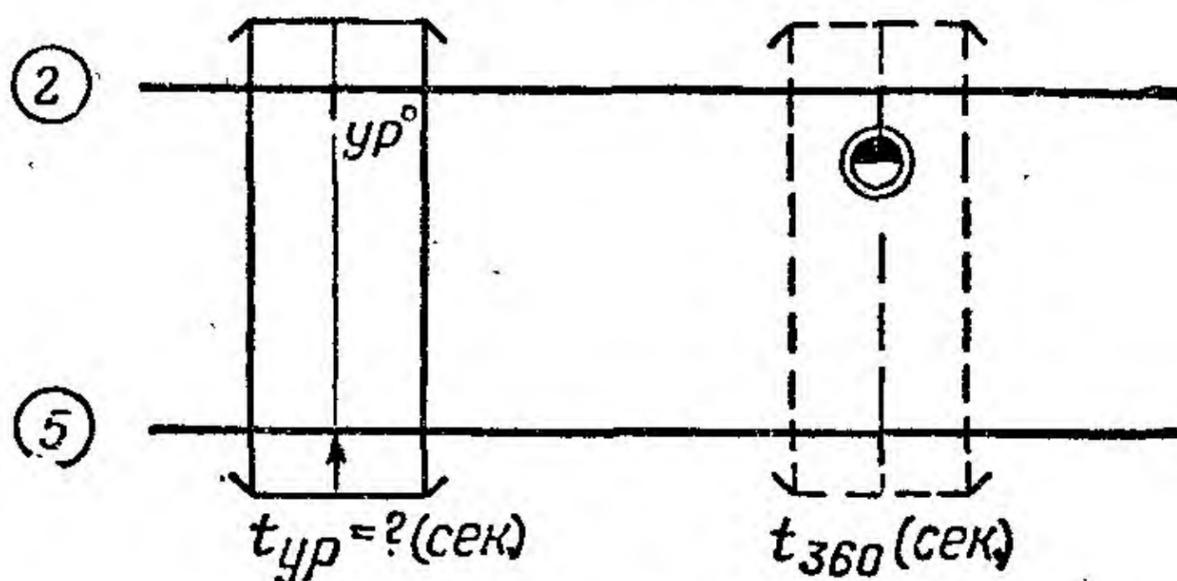


Рис. 52

Пример. Дано:  $t_{360} = 4$  мин. 55 сек. = 295 сек.;  $УР = 210^\circ$ .

Находим:  $t_{УР} = 173$  сек. = 2 мин. 53 сек.

### 17. Определение линейного упреждения разворота

Задача решается по формуле (рис. 53):

$$ЛУР = R \operatorname{tg} \frac{УР}{2},$$

где  $ЛУР$  — линейное упреждение разворота;  
 $R$  — радиус разворота;  
 $УР$  — угол разворота.

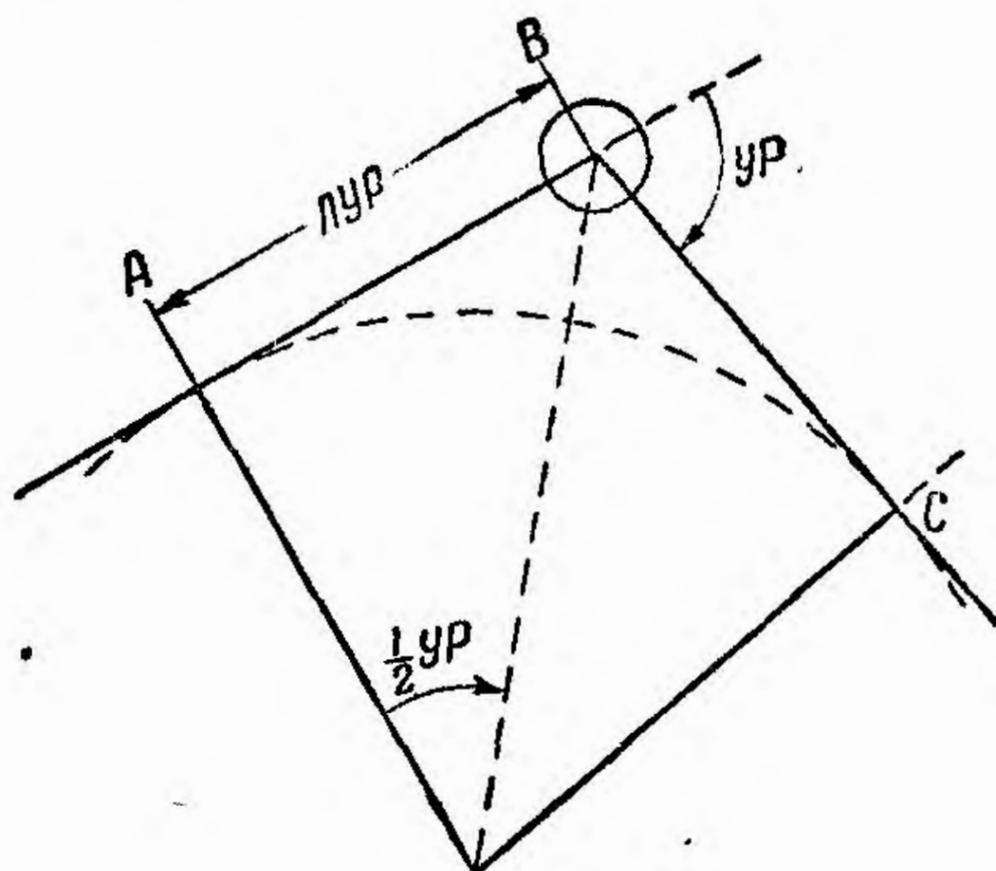


Рис. 53

Порядок решения (шкалы 4 и 5):

— передвигая движок, установить индекс  $\nabla$  против деления шкалы 5, соответствующего величине радиуса разворота  $R$  (рис. 54);

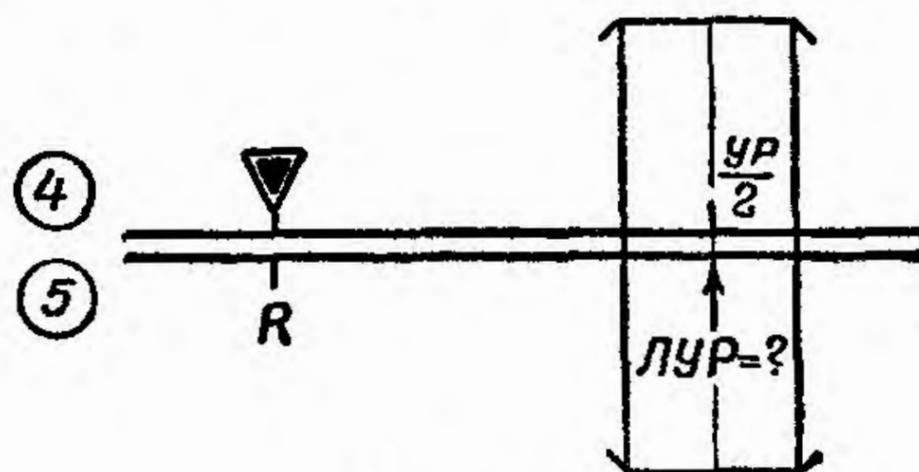


Рис. 54

— поставить визирку по шкале 4 на деление, соответствующее половине угла разворота самолета  $1/2 УР$ ;

— отсчитать по визирке искомое значение линейного упреждения разворота *ЛУР*.

Пример. Дано:  $УР = 120^\circ$ ;  $R = 9$  км.  
Находим:  $ЛУР = 15,6$  км.

### 18. Расчет минимального расстояния для возможного погашения опоздания или избытка времени

Задача решается по формуле

$$S_{\text{мин}} = \frac{V V_{\text{макс}}}{\Delta V} \Delta t,$$

где  $S_{\text{мин}}$  — минимальное расстояние до цели;  
 $V$  — воздушная скорость полета самолета в км/час;

$V_{\text{макс}}$  — максимальная воздушная скорость в км/час;

$\Delta V$  — избыток скорости ( $V_{\text{макс}} - V$ ) в км/час;

$\Delta t$  — максимально возможный избыток или недостаток времени.

Порядок решения (шкалы 1 и 2):

— передвигая движок, установить индекс **10** или **100** на деление шкалы 1, соответствующее значению  $V$  км/час (рис. 55);

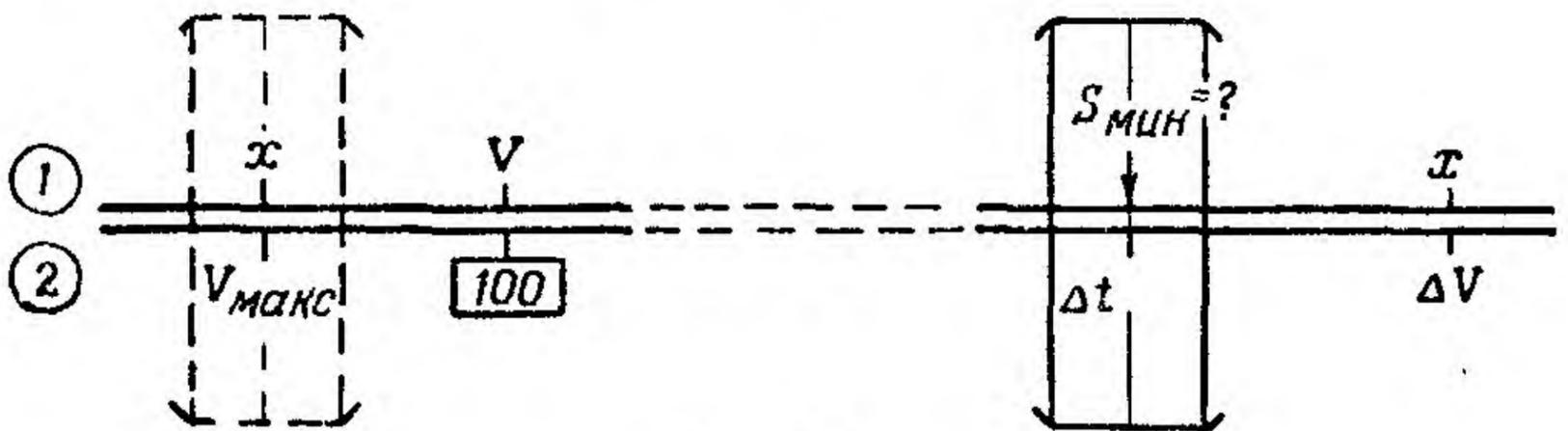


Рис. 55

— установить визирку по шкале 2 на деление, соответствующее значению  $V_{\text{макс}}$ ;

— передвигая движок, подвести под визирку деление шкалы 2, соответствующее значению  $\Delta V$ ;

— перевести визирку на деление шкалы 2, соответствующее значению  $\Delta t$ ;

— отсчитать по визирке на шкале 1 искомое значение  $S_{\text{мин}}$ .

**Пример.** Дано:  $V = 700$  км/час;  $V_{\text{макс}} = 950$  км/час;  $\Delta t = 3$  мин.

Находим:  $\Delta V = 250$  км/час,  $S_{\text{мин}} = 133$  км.

## 19. Определение времени полета на петле для погашения избытка времени

Задача решается по формуле

$$t_1 = \frac{W_2 (\Delta t - t_{360})}{2V},$$

где  $t_1$  — время полета от точки начала петли до момента разворота в обратную сторону петли;

$W_2$  — путевая скорость при полете в обратную сторону петли;

$\Delta t$  — избыток времени;

$t_{360}$  — время разворота на  $360^\circ$ ;

$V$  — воздушная скорость при полете на петле.

**Порядок решения (шкалы 1 и 2):**

— установить визирку по шкале 1 на деление, соответствующее удвоенному значению воздушной скорости  $V$  (рис. 56);

— передвигая движок, установить по визирке на шкале 2 деление, соответствующее времени  $\Delta t - t_{360}$  в минутах;

— установить визирку по шкале 1 на деление, соответствующее значению путевой скорости  $W_2$ ;

— отсчитать по визирке на шкале 2 время полета на петле до разворота  $t_1$ .

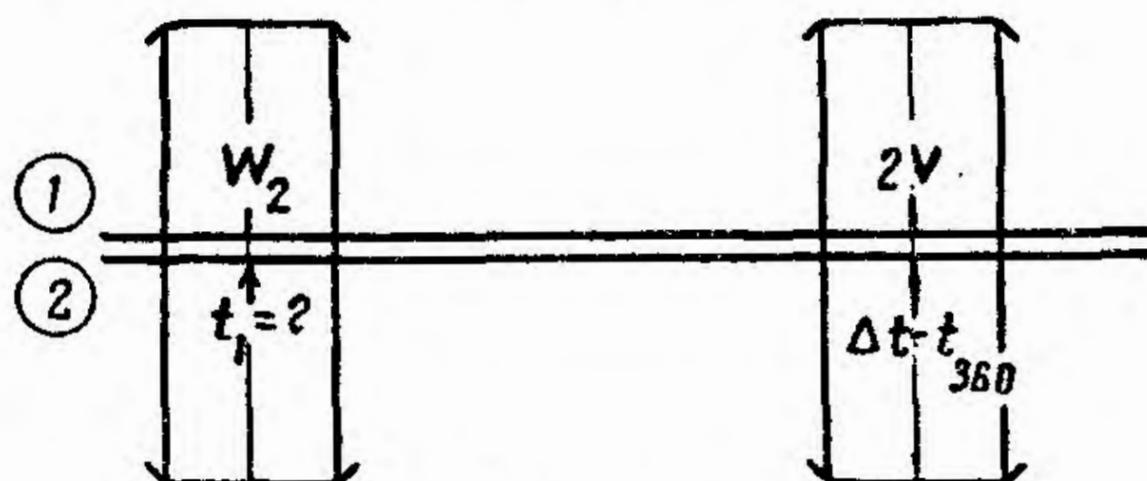


Рис. 56

Пример. Дано:  $W_2 = 650$  км/час;  $\Delta t = 8$  мин.;  
 $t_{360} = 4$  мин. 25 сек.;  $V = 550$  км/час.

Находим:  $\Delta t - t_{360} = 3$  мин. 35 сек.;  $t_1 = 2$  мин. 08 сек.

## 20. Расчет времени встречи и догона самолетов

Задача решается по формулам

$$t_{\text{в}} = \frac{S_1}{V_1 + V_2};$$

$$t_{\text{д}} = \frac{S}{\Delta V},$$

где  $t_{\text{в}}$  — время встречи;

$t_{\text{д}}$  — время догона;

$S$  — расстояние между самолетами;

$V_1$  и  $V_2$  — воздушные скорости самолетов;

$\Delta V$  — разность воздушных скоростей самолетов.

Порядок решения (шкалы 1 и 2):

— передвигая движок, установить индекс  $\triangle$  на деление шкалы 1, соответствующее разности  $\Delta V$  или сумме скоростей  $V_1 + V_2$  (рис. 57);

— установить визирку по шкале 1 на деление, соответствующее расстоянию между самолетами  $S$ ;

— отсчитать по визирке искомое время догона или встречи.

Пример. Дано:  $V_1 = 920$  км/час;  $V_2 = 750$  км/час;  
 $S = 120$  км.

Находим:  $\Delta V = 170$  км/час;  $V_1 + V_2 = 1670$  км/час;  
 $t_d = 42,4$  мин.;  $t_b = 4$  мин. 20 сек.

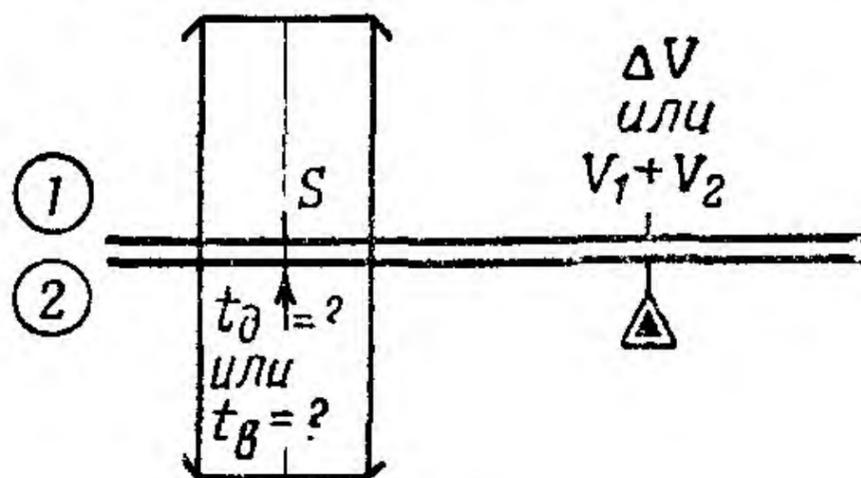


Рис. 57

## ЗАДАЧИ ПО БОМБОМЕТАНИЮ

### 1. Расчет угла прицеливания

Задача решается по формуле (рис. 58)

$$\operatorname{tg} \varphi = \frac{WT - \Delta}{H},$$

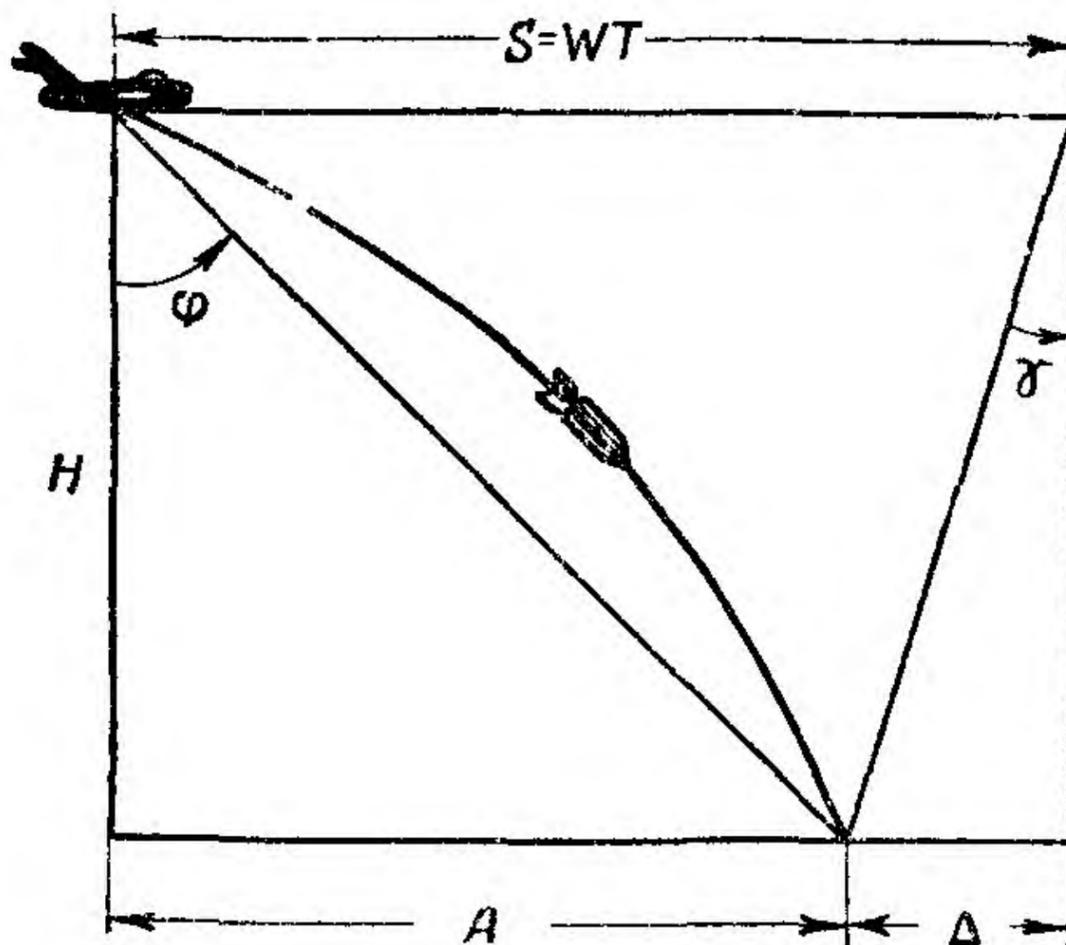


Рис. 58

где  $\varphi$  — угол прицеливания;  
 $W$  — путевая скорость;  
 $T$  — время падения бомбы;  
 $H$  — высота полета;  
 $\Delta$  — отставание бомбы.

Порядок решения (шкалы 1, 2, 4 и 5):  
 — передвигая движок, установить индекс  $\ominus$  по шкале 1 на деление, соответствующее путевой скорости  $W$  (рис. 59);

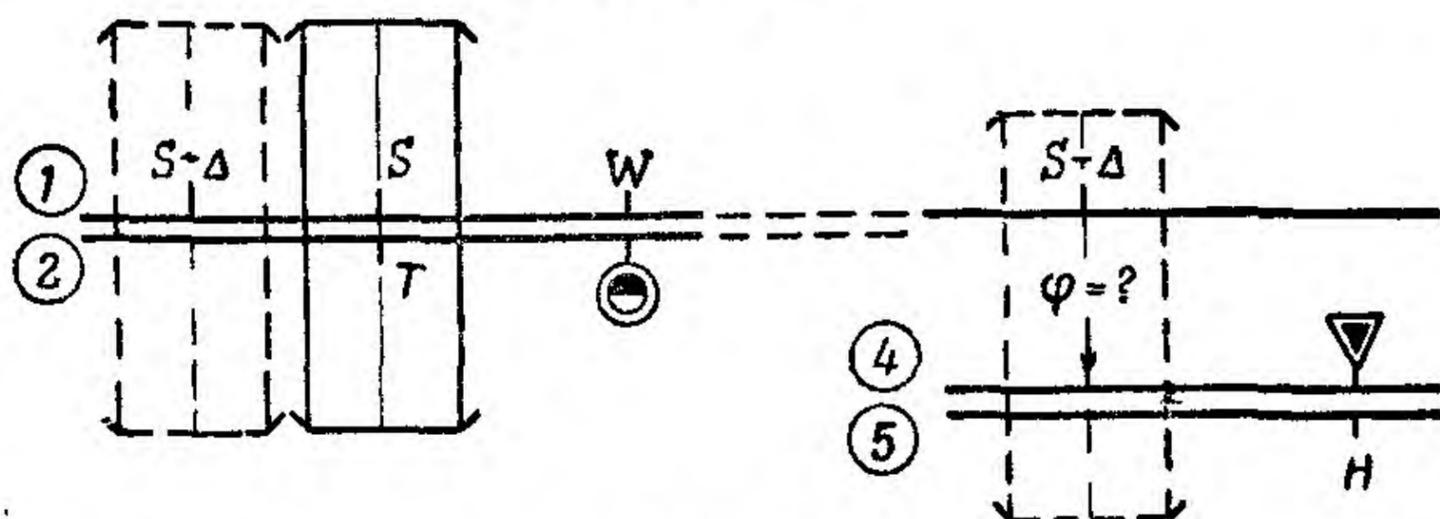


Рис. 59

— установить визирку по шкале 2 на деление, соответствующее времени падения бомбы  $T$ ;

— отсчитать по визирке на шкале 1 значение величины  $S = WT$ ;

— сдвинуть визирку влево на величину  $\Delta$ , т. е. установить визирку по шкале 1 на деление, соответствующее разности  $S - \Delta$ ;

— передвигая движок, установить индекс  $\nabla$  по шкале 5 против деления, соответствующего высоте полета  $H$ ;

— отсчитать по визирке на шкале 4 угол прицеливания  $\varphi$ .

**Примеры:** 1) Дано:  $H = 2000$  м;  $W = 680$  км/час;  
 $T = 22,65$  сек.;  $\Delta = 1300$  м.

Находим:  $\varphi = 56^\circ,4$ .

2) Дано:  $H = 7500$  м;  $W = 800$  км/час;  $T = 47,7$  сек.;  
 $\Delta = 4800$  м.

Находим:  $\varphi = 37,7^\circ$ .

## 2. Определение наклонной дальности сбрасывания бомб

Задача решается по формулам (рис. 60)

$$НД_с = \frac{H}{\sin(90^\circ - \varphi)},$$

$$НД_с = \frac{H \operatorname{tg} \varphi}{\sin \varphi},$$

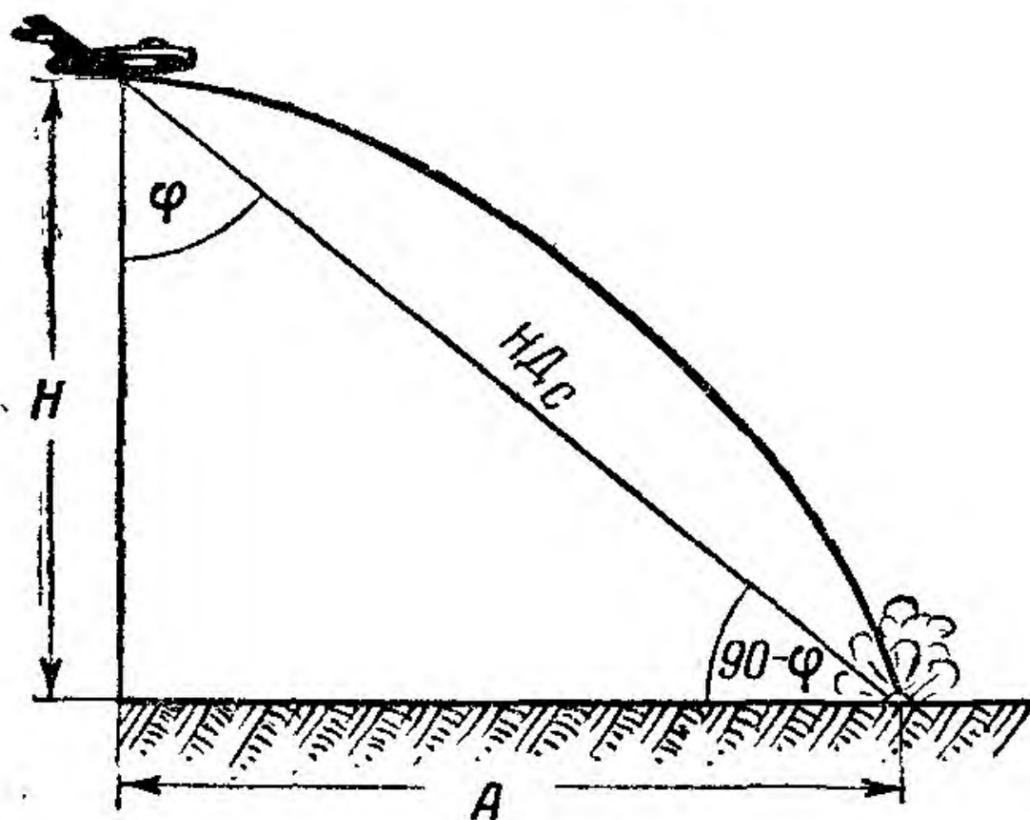


Рис. 60

где  $НД_с$  — наклонная дальность сбрасывания бомб;

$H$  — высота сбрасывания;

$\varphi$  — угол прицеливания (обычно отрабатывается решающим прибором оптического прицела).

Порядок решения (шкалы 3 и 5):

— установить визирку по шкале 5 на деление, соответствующее высоте полета самолета  $H$  (рис. 61);

— подвести под визирку деление шкалы 3, соответствующее значению угла  $(90^\circ - \varphi)$ ;

— отсчитать по шкале 5 против индекса  $\nabla$  искомую наклонную дальность сбрасывания бомб.

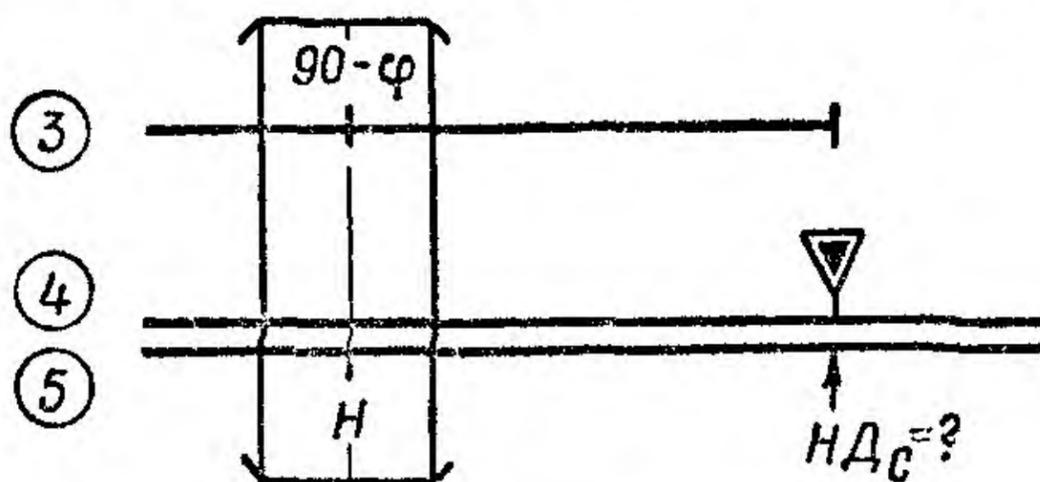


Рис. 61

Пример. Дано:  $H = 9000$  м;  $\varphi = 41^\circ$ ;  $90^\circ - \varphi = 49^\circ$ .  
Находим:  $НДс = 11\ 900$  м.

При малых значениях углов  $\varphi$  для повышения точности расчета  $НДс$  определяют по второй формуле.

Порядок решения (шкалы 3, 4 и 5):

— передвигая движок, установить индекс  $\nabla$  на деление шкалы 5, соответствующее значению  $H$  (рис. 62);

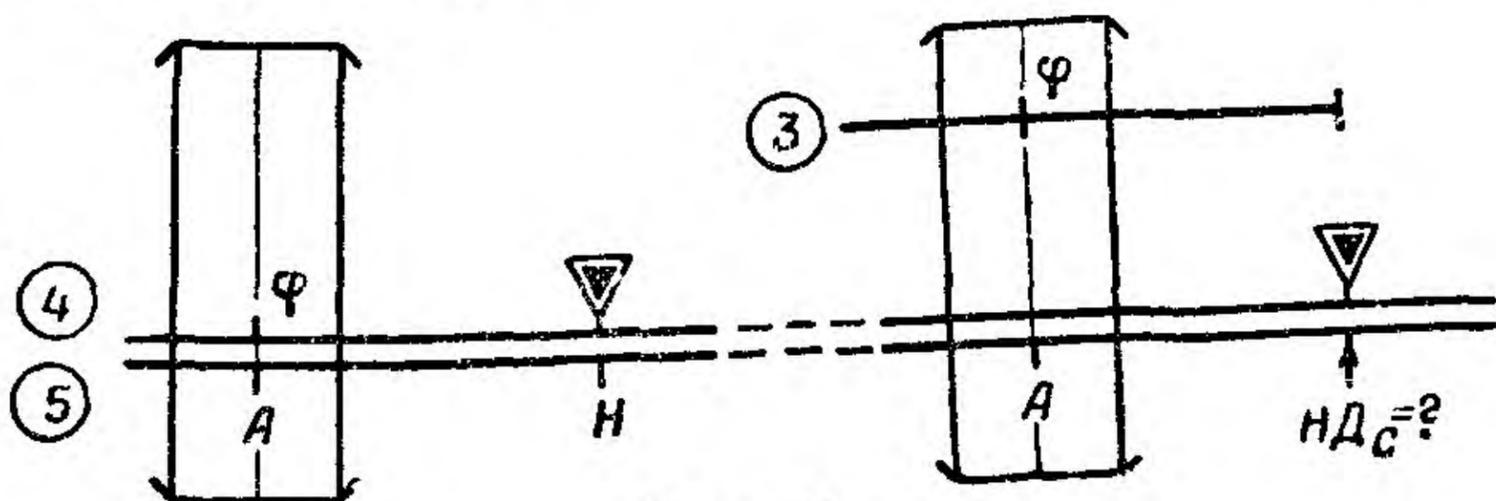


Рис. 62

— установить визирку по шкале 4 на деление, соответствующее значению  $\varphi$  (этим самым определяется величина отношения бомбы с заданной высоты  $A = H \operatorname{tg} \varphi$ );

— передвигая движок, подвести под визирку деление шкалы 3, соответствующее значению  $\varphi$ ;

— отсчитать по шкале 5 против индекса  $\nabla$  искомое значение наклонной дальности  $H_{Дс}$ .

Пример. Дано:  $H = 12\ 000\ м$ ;  $\varphi = 26^\circ$ .

Находим:  $H_{Дс} = 13\ 400\ м$ .

### 3. Определение величины сноса медленно падающего тела

Задача решается по формуле

$$Z = \frac{U_{ср}}{V_{сн}} H,$$

где  $Z$  — величина сноса в  $м$ ;

$H$  — высота сбрасывания в  $м$ ;

$U_{ср}$  — скорость среднего ветра в  $м/сек$ ;

$V_{сн}$  — средняя скорость снижения в  $м/сек$ .

Порядок решения (шкалы 1 и 2 или 14 и 15):

— установить визирку по шкале 1 на деление, соответствующее значению  $H$ ;

— передвигая движок, подвести под визирку деление шкалы 2, соответствующее значению  $V_{сн}$ ;

— перевести визирку по шкале 2 на деление, соответствующее значению  $U_{ср}$ ;

— отсчитать по визирке на шкале 1 искомое значение сноса  $Z$  (рис. 63).

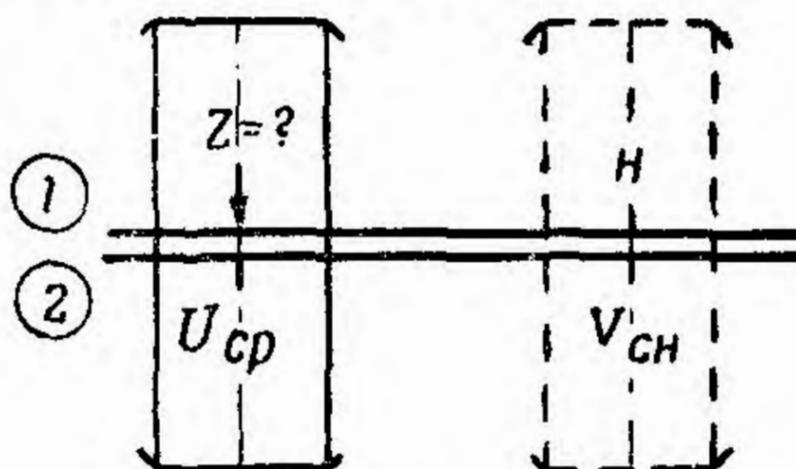


Рис. 63

Пример.  $H = 800\ м$ ;  $U_{ср} = 14\ м/сек$ ;  $V_{сн} = 6\ м/сек$ .  
Находим:  $Z = 1860\ м$ .

#### 4. Определение высоты бомбометания по фотоснимкам

Задача решается по формуле

$$H = \frac{Wt}{a} f,$$

где  $W$  — путевая скорость в  $м/сек$ ;

$t$  — интервал между экспозициями в  $сек$ ;

$a$  — рабочая сторона снимка в  $см$ ;

$f$  — фокусное расстояние объектива аэрофотоаппарата в  $см$ .

Порядок решения (шкалы 1 и 2):

— передвигая движок, установить индекс  $\odot$  против деления, соответствующего значению  $W$  (рис. 64);

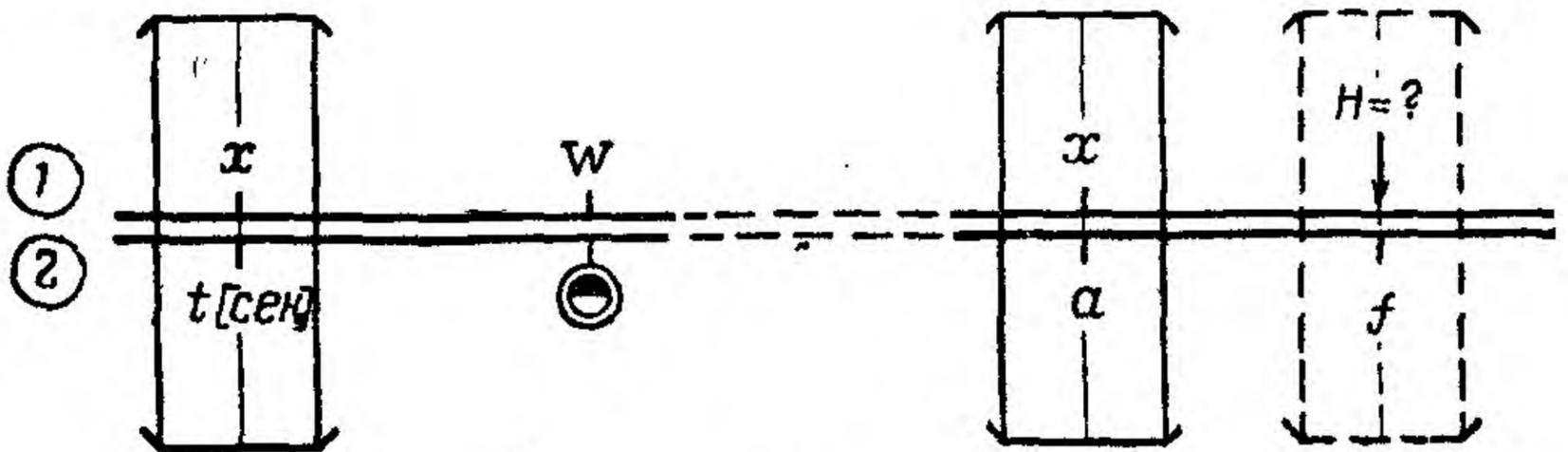


Рис. 64

— установить визирку по шкале 2 на деление, соответствующее времени  $t$ ;

— передвигая движок, установить под визирку деление шкалы 2, соответствующее значению  $a$ ;

— перевести визирку по шкале 2 на деление, соответствующее величине  $f$ , и по шкале 1 отсчитать искомое значение  $H$ .

**Пример.** Дано:  $W = 730 \text{ км/час} = 202 \text{ м/сек}$ ;  $t = 18 \text{ сек}$ ;  
 $a = 30 \text{ см}$ ;  $f = 50 \text{ см}$ .

Находим:  $H = 6080 \text{ м}$ .

**Примечание.** Аналогично можно определить минимально допустимую высоту фотографирования  $H_{\text{мин}}$ , если вместо  $t$  взять  $t_{\text{мин}}$ , т. е. минимальный интервал между экспозициями, равный продолжительности цикла аэрофотоаппарата.

## 5. Расчет необходимого числа снимков при фотобомбометании

Задача решается по формуле

$$N_{\text{сн}} = \frac{fWT}{aH},$$

где  $T$  — время падения бомбы в сек.;

$H$  — высота фотобомбометания в м.

Порядок решения (шкалы 1 и 2):

— передвигая движок, установить индекс  $\odot$  на деление шкалы 1, соответствующее значению  $W$  в км/час (рис. 65);

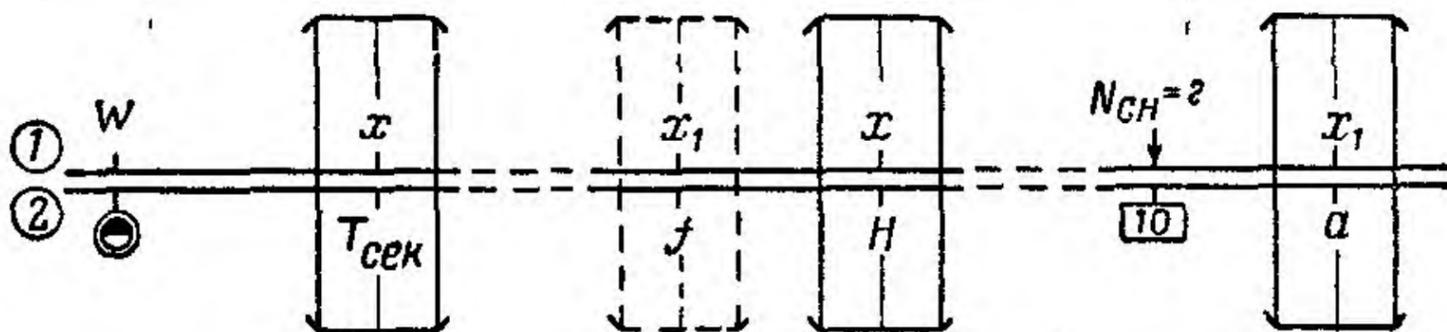


Рис. 65

— установить визирку по шкале 2 на деление, соответствующее времени падения бомбы  $T$ ;

— передвигая движок, подвести под визирку деление шкалы 2, соответствующее значению  $H$ ;

— перевести визирку по шкале 2 на деление, соответствующее значению  $f$ ;

— передвигая движок, подвести под визирку деление шкалы 2, соответствующее значению  $a$ , и отсчитать против индекса  $\boxed{10}$  или  $\boxed{100}$  на шкале 1 искомое значение числа снимков  $N_{\text{сн}}$ .

Пример. Дано:  $W = 580$  км/час;  $T = 49,4$  сек.;  $f = 50$  см;  
 $a = 14$  см;  $H = 9000$  м.

Находим:  $n = 3,15 = 4$  снимка.

## ЗАДАЧИ НА ВОЗДУШНОЕ ФОТОГРАФИРОВАНИЕ

### 1. Определение масштабов снимка

Задачи решаются по формулам (рис. 66)

$$\frac{1}{m} = \frac{f}{H};$$

$$M_c = \frac{H}{f},$$

где  $m$  — численный масштаб;

$M_c$  — линейный масштаб;

$H$  — высота фотографирования в см;

$f$  — фокусное расстояние объектива аэрофотоаппарата в см.

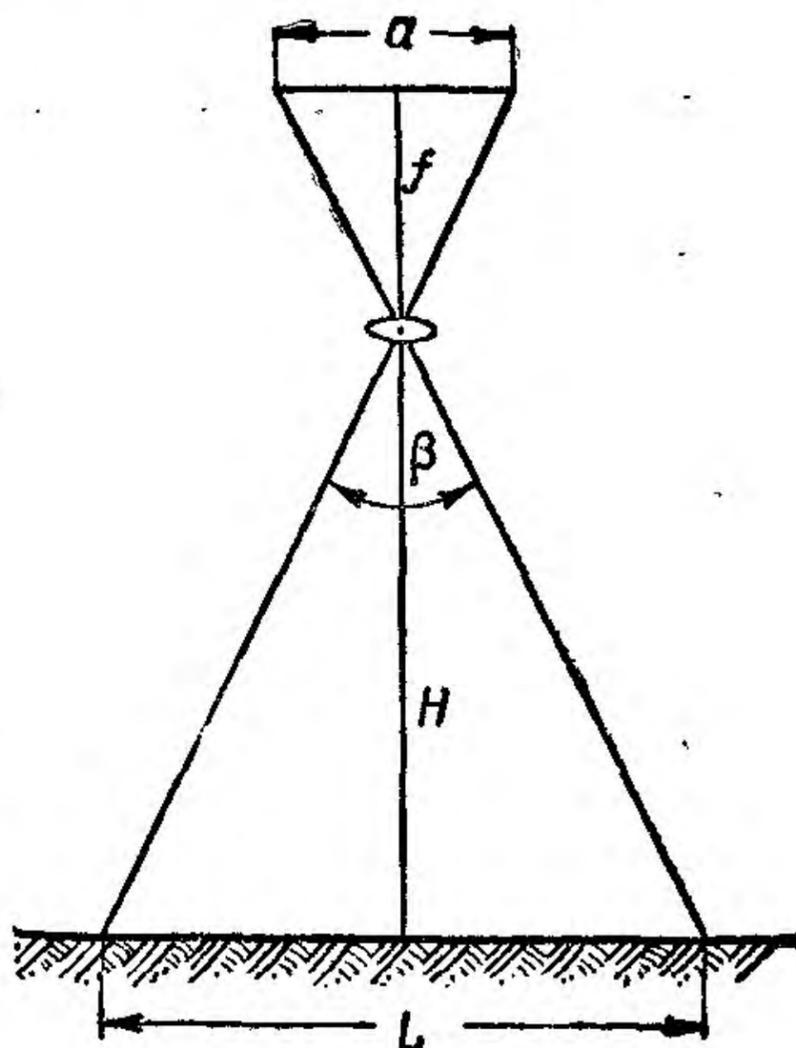


Рис. 66

Порядок решения (шкалы 1 и 2 или 14 и 15):

— установить визирку по шкале 1 на деление, соответствующее высоте полета  $H$  (рис. 67);

— передвигая движок, подвести под визирку деление шкалы 2 в интервале 10—100, соответствующее фокусному расстоянию  $f$ ;

— отсчитать на шкале 1 против индекса 10 искомое значение знаменателя численного масштаба  $m$  или линейный масштаб  $M_c$ .

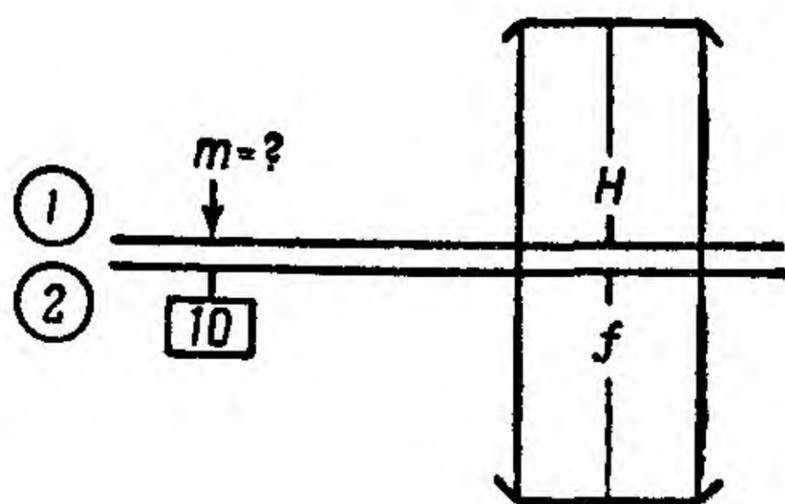


Рис. 67

Примеры.

1) Дано:  $H = 8500$  м;  
 $f = 21$  см.

Находим:

$$m = 405; \frac{1}{m} = \frac{1}{405}$$

2) Дано:  $H = 5200$  м;  
 $f = 40$  см.

Находим:

$$M_c = 130 \text{ м в } 1 \text{ см.}$$

## 2. Определение высоты фотографирования

Задача решается по формуле

$$H = M_c f.$$

Порядок решения (шкалы 1 и 2 или 14 и 15):

— передвигая движок, установить индекс  $\boxed{10}$  на деление шкалы 1, соответствующее масштабу снимка  $M_c$  (рис. 68);

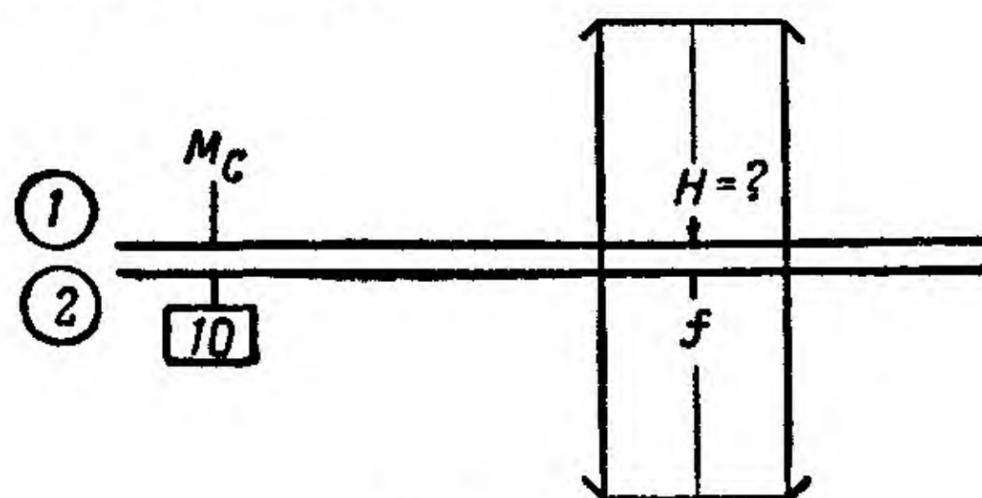


Рис. 68

— подвести визирку по шкале 2 на деление, соответствующее фокусному расстоянию  $f$ ;

— отсчитать по визирке на шкале 1 искомую высоту фотографирования  $H$ .

Пример. Дано:  $f = 21$  см;  $M_c = 120$  м в 1 см.

Находим:  $H = 2520$  м.

### 3. Определение максимально допустимой экспозиции (выдержки)

Задача решается по формуле

$$E_{\text{макс}} = \frac{M_c}{100W},$$

где  $M_c$  — линейный масштаб снимка;

$W$  — путевая скорость в м/сек.

Порядок решения (шкалы 1 и 2):

— передвигая движок, установить индекс  $\odot$  на деление, соответствующее  $W$  в км/час (рис. 69);

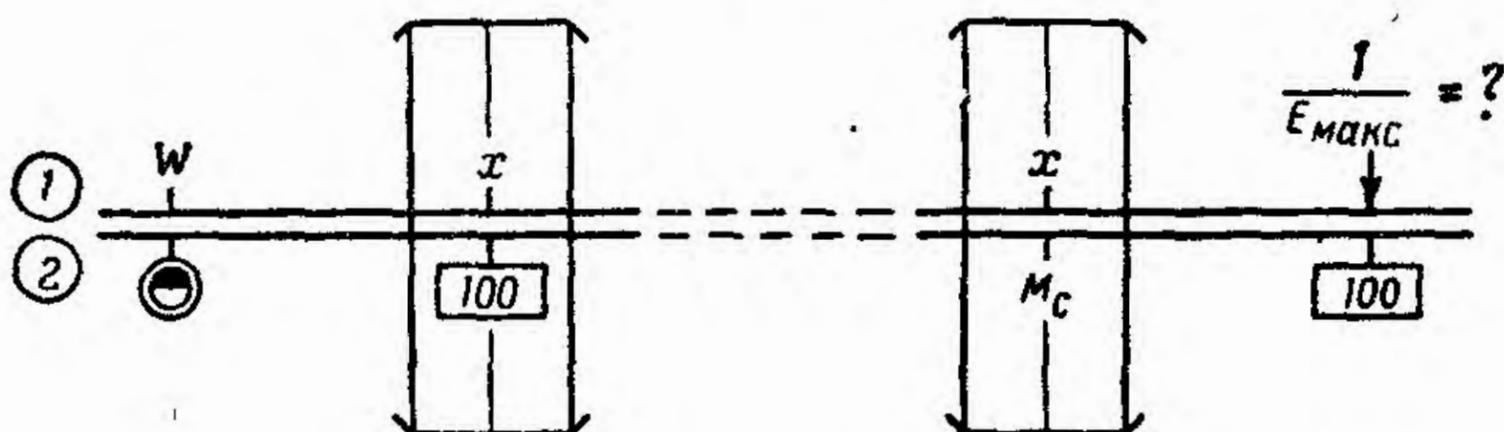


Рис. 69

— установить визирку по шкале 1 на деление, соответствующее отсчету против индекса  $\boxed{10}$  или  $\boxed{100}$ ;

— передвигая движок, подвести под визирку деление шкалы 2, соответствующее величине  $M_c$ ;

— отсчитать по шкале 1 против индекса  $\boxed{10}$  или  $\boxed{100}$  величину, обратную искомому значению  $E_{\text{макс}}$ , т. е.

$$a = \frac{1}{E_{\text{макс}}}.$$

**Пример.** Дано:  $W = 645$  км/час;  $M_c = 70$  м в 1 см.

Находим:  $a = 255$ ;  $E_{\text{макс}} = \frac{1}{255}$  сек.

#### 4. Определение захвата на местности

Задача решается по формуле

$$L = M_c l,$$

где  $L$  — захват на местности стороной аэро-  
снимка в м;

$l$  — длина рабочей стороны аэроснимка в см;

$M_c$  — линейный масштаб снимка.

Порядок решения (шкалы 1 и 2 или 14 и 15);

— передвигая движок, установить индекс **10** по шкале 1 на деление, соответствующее длине рабочей стороны снимка  $l$  (рис. 70);

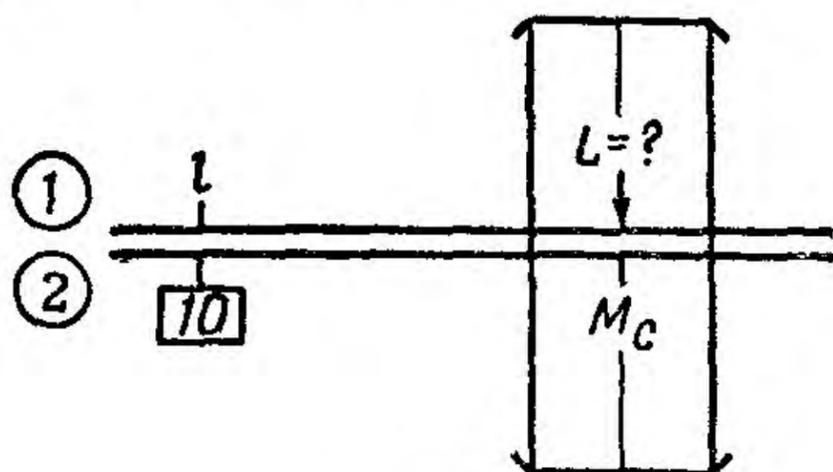


Рис. 70

— поставить ви-  
зирку по шкале 2 на  
деление, соответст-  
вующее масштабу  
аэроснимка  $M_c$ ;

— отсчитать на  
шкале 1 по визирке  
искомое значение за-  
хвата на местности  $L$ .

Пример. Дано:  $l = 28$  см;  $M_c = 290$  м в 1 см.

Находим:  $L = 8100$  м.

#### 5. Определение стороны контура палетки

Задача решается по формуле

$$P = \frac{L}{M_k},$$

где  $P$  — значение стороны контура палетки в мм;

$L$  — захват на местности стороной аэро-  
снимка в м;

$M_k$  — линейный масштаб карты.

Порядок решения (шкалы 1 и 2 или 14 и 15):  
 — поставить визирку по шкале 1 на деление, соответствующее величине захвата на местности  $L$  (рис. 71);

— передвигая движок, подвести под визирку деление шкалы 2, соответствующее масштабу карты  $M_K$ ;

— отсчитать по шкале 1 против индекса  $\boxed{10}$  искомое значение стороны контура палетки  $P$ .

Пример.

Дано:  $L = 4200 \text{ м}$ ;

$M_K = 1000 \text{ м в } 1 \text{ см}$ .

Находим:  $P = 42 \text{ мм}$ .

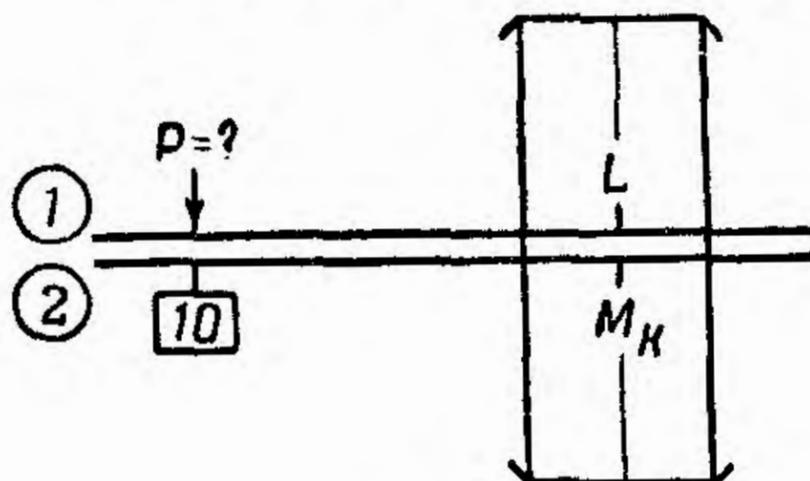


Рис. 71

## 6. Определение количества аэроснимков для одного маршрута

Задача решается по формуле

$$N_{\text{сн}} = \frac{S}{L},$$

где  $S$  — длина маршрута;

$L$  — захват на местности рабочей стороной снимка.

Порядок решения (шкалы 1 и 2 или 14 и 15):

— поставить визирку по шкале 1 на деление, соответствующее длине маршрута  $S$  (рис. 72);

— передвигая движок, подвести под визирку деление шкалы 2, соответствующее величине захвата на местности  $L$ ;

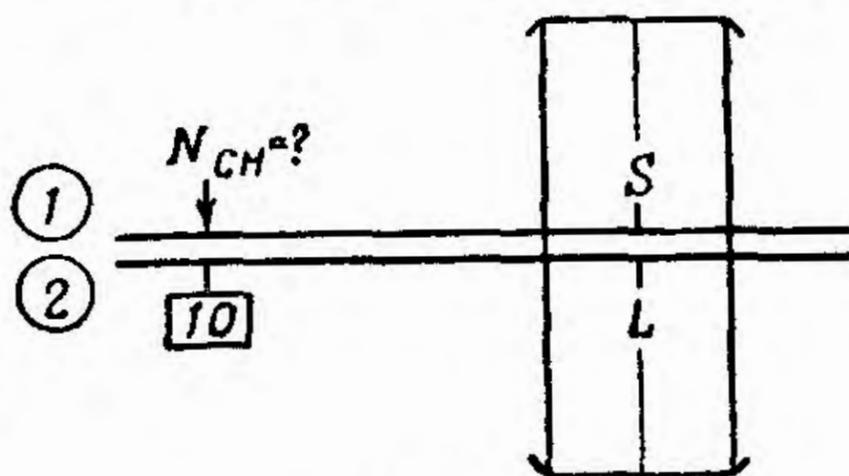


Рис. 72

— отсчитать против индекса **10** или **100** искомое значение количества снимков  $N_{сн}$  для одного маршрута.

**Пример.** Дано:  $S = 15\,500$  м;  $L = 2250$  м.  
Находим:  $N_{сн} \approx 7$  снимков (с округлением).

## 7. Определение интервала между экспозициями (снимками)

Задача решается по формуле

$$t_i = \frac{L}{W},$$

где  $L$  — захват на местности рабочей стороной снимка с учетом перекрытия;

$W$  — путевая скорость в м/сек.

Порядок решения (шкалы 1 и 2):

— передвигая движок, подвести индекс  на деление шкалы 1, соответствующее путевой скорости  $W$  в км/час (рис. 73);

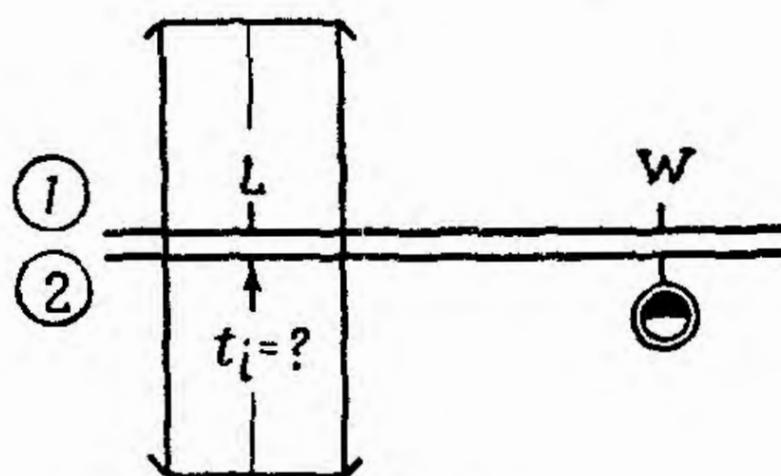


Рис. 73

— поставить визирку по шкале 1 на деление, соответствующее величине захвата на местности  $L$ ;

— отсчитать по визирке на шкале 2 искомое значение временного интервала  $t_i$ .

**Пример.** Дано:  $W = 620$  км/час;  $L = 2150$  м.  
Находим:  $t_i = 12,5$  сек.

## 8. Определение количества маршрутов для фотографирования заданной площади

Задача решается по формуле

$$N_{\text{маршр}} = \frac{Z}{Z_{\text{м}}},$$

где  $Z$  — необходимый захват на местности;

$Z_{\text{м}}$  — захват на местности одним маршрутом.

Порядок решения (шкалы 1 и 2 или 14 и 15);

— установить визирку по шкале 1 на деление, соответствующее значению  $Z$  (рис. 74);

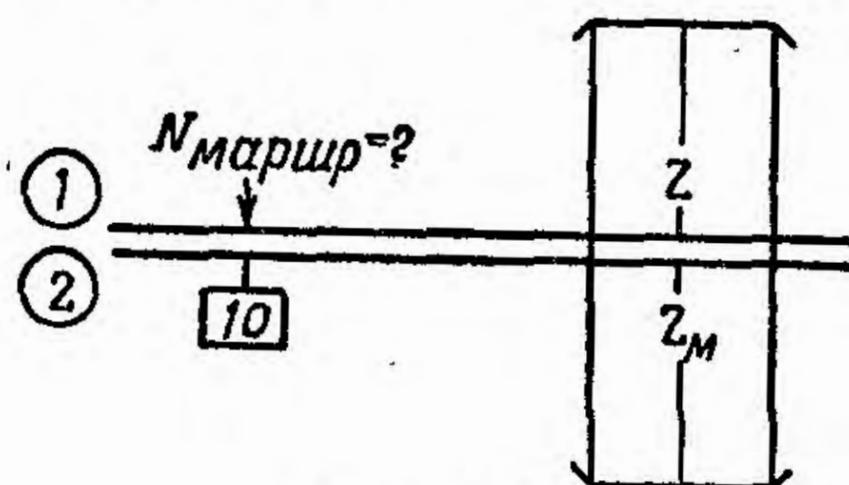


Рис. 74

— передвигая движок, подвести под визирку деление шкалы 2, соответствующее значению  $Z_{\text{м}}$ ;

— отсчитать по шкале 1 против индекса  $\boxed{10}$  или  $\boxed{100}$  искомое значение количества маршрутов  $N_{\text{маршр}}$ .

Пример. Дано:  $Z = 25$  км;  $Z_{\text{м}} = 4,3$  км.

Находим:  $N_{\text{маршр}} = 6$ .

## 9. Определение высоты при перспективном фотографировании

Задача решается по формуле (рис. 75)

$$H = M_c f \cos \alpha,$$

где  $\alpha$  — угол наклона оптической оси аэрофотоаппарата.

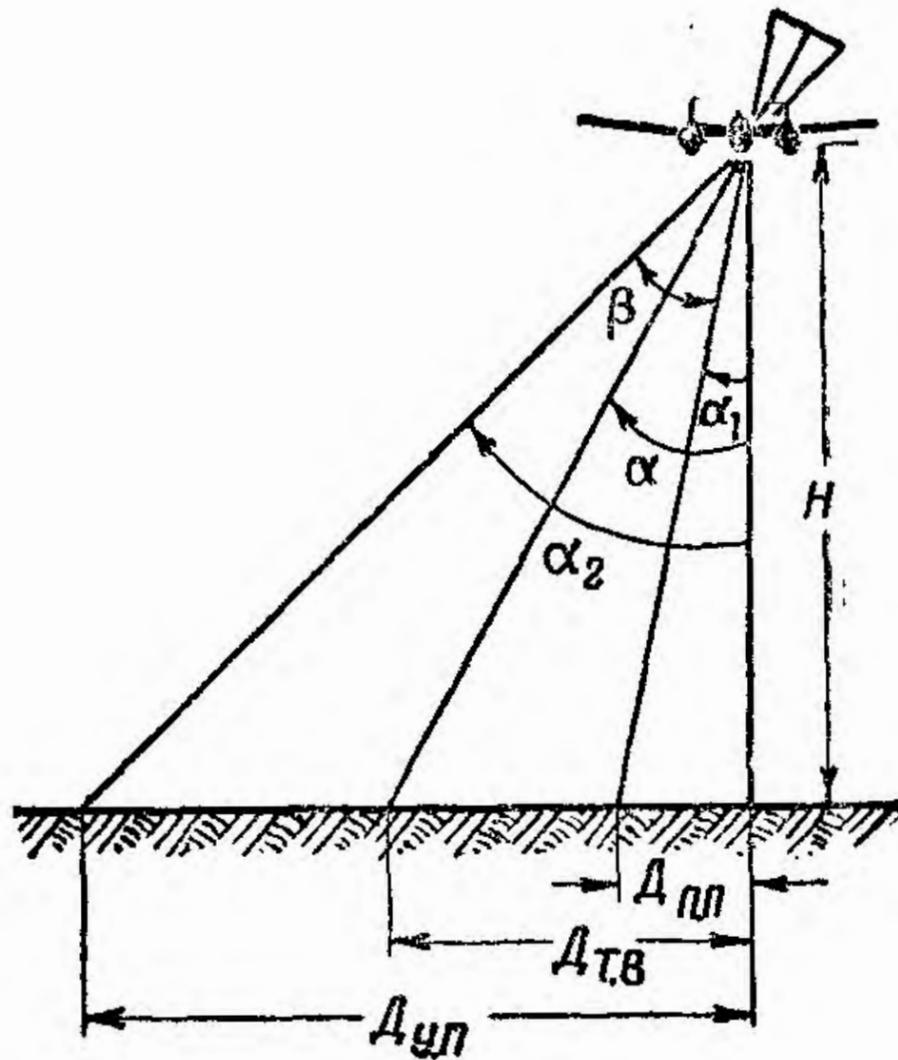


Рис. 75

Порядок решения (шкалы 1, 2 и 3):

— передвигая движок, установить индекс 10 на деление шкалы 1, соответствующее масштабу съемки  $M_c$  (рис. 76);

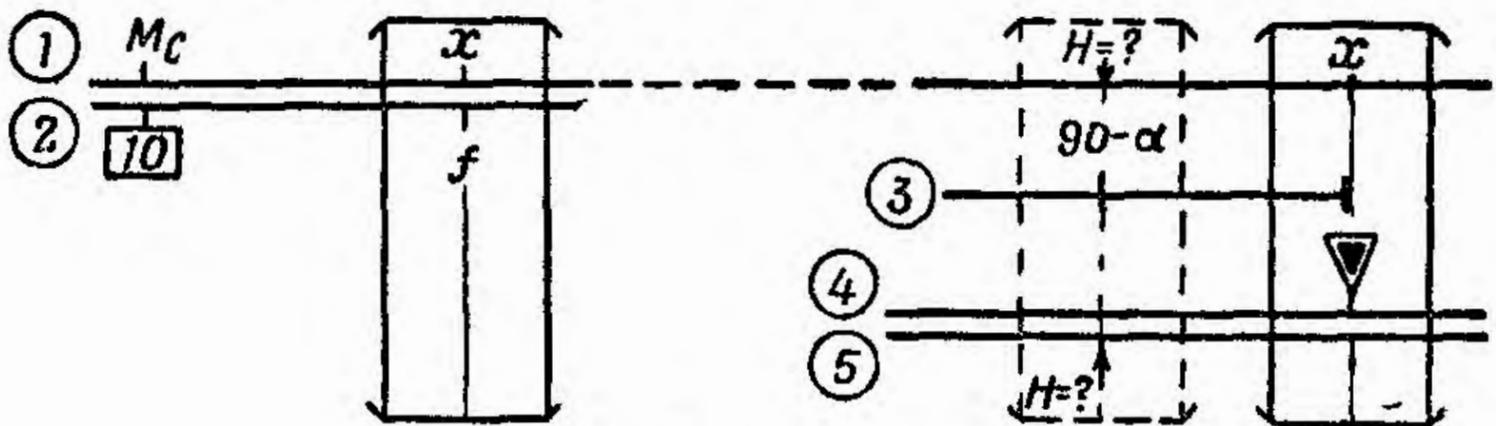


Рис. 76

— установить визирку по шкале 2 на деление, соответствующее фокусному расстоянию  $f$ ;

— передвигая движок, подвести под визирку индекс ▽ шкалы 4;

— перевести визирку по шкале 3 на деление, соответствующее величине угла  $(90^\circ - \alpha)$ ;

— отсчитать по визирке на шкале 1 (или 5) искомое значение высоты фотографирования  $H$ .

Пример. Дано:  $M_c = 125$  м в 1 см;  $f = 21$  см;  $\alpha = 40^\circ$ .  
Находим:  $(90^\circ - \alpha) = 50^\circ$ ;  $H = 2000$  м.

### 10. Определение масштаба снимка при перспективном фотографировании

Задачи решаются по формулам (см. рис. 75)

$$M_{c_{\text{п}}} = \frac{H}{f \cos \alpha_1};$$

$$M_{c_{\text{г}}} = \frac{H}{f \cos \alpha};$$

$$M_{c_{\text{у}}} = \frac{H}{f \cos \alpha_2},$$

где  $M_{c_{\text{п}}}$  — масштаб снимка по переднему плану;

$M_{c_{\text{г}}}$  — масштаб снимка по главной вертикали;

$M_{c_{\text{у}}}$  — масштаб снимка по удаленному плану;

$$\alpha_1 = \alpha - \frac{1}{2} \beta;$$

$$\alpha_2 = \alpha + \frac{1}{2} \beta;$$

$\beta$  — угол зрения объектива.

Порядок решения (шкалы 1, 2, 3 и 5);

— установить визирку по шкале 1 на деление, соответствующее высоте полета  $H$  (рис. 77);

— передвигая движок, подвести под визирку деление шкалы 2, соответствующее значению фокусного расстояния  $f$ ;

— перевести визирку на деление шкалы 1 против индекса  $\boxed{10}$  или  $\boxed{100}$ ;

— передвигая движок, последовательно подводить под визирку деления шкалы 3, соответствующие значениям  $(90^\circ - \alpha_1)$ ;  $(90^\circ - \alpha)$  и  $(90^\circ - \alpha_2)$ ;

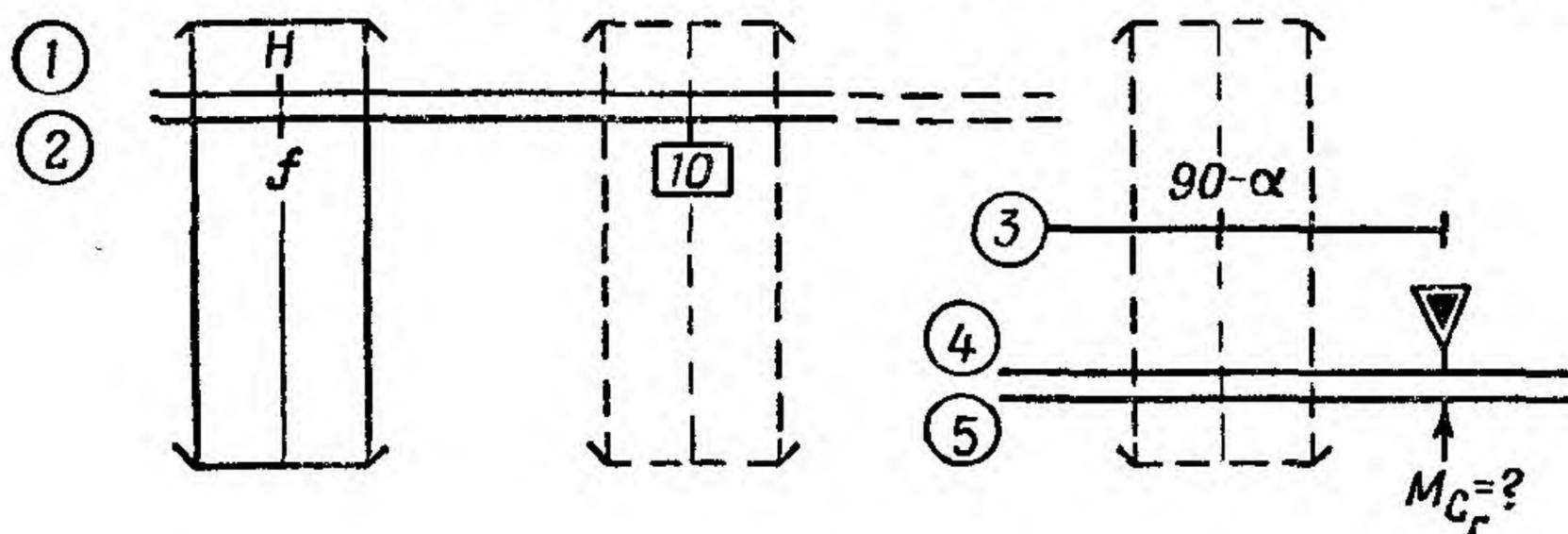


Рис. 77

— отсчитать по шкале 5 против индекса  $\nabla$  искомое значение масштаба  $M_{с_{п}}$ ,  $M_{с_{г}}$  и  $M_{с_{у}}$ .

Пример. Дано:  $H = 1500$  м;  $\alpha = 45^\circ$ ;  $\beta = 34^\circ$ ;  $f = 40$  см.  
 Находим:  $\alpha_1 = 45^\circ - 17^\circ = 28^\circ$ ;  $\alpha_2 = 45^\circ + 17^\circ = 62^\circ$ ;  
 $90^\circ - \alpha_1 = 62^\circ$ ;  $90^\circ - \alpha = 45^\circ$ ;  $90^\circ - \alpha_2 = 28^\circ$ ;  
 по линейке:  $M_{с_{п}} = 42,5$  м в 1 см;  $M_{с_{г}} = 53$  м в 1 см;  
 $M_{с_{у}} = 80$  м в 1 см.

## 11. Определение захвата на местности по переднему и удаленному плану

Задачи решаются по формулам

$$S_{п} = M_{с_{п}} l$$

$$S_{у} = M_{с_{у}} l,$$

где  $l$  — длина снимка в см.

Порядок решения (шкалы 1 и 2 или 14 и 15):

— передвигая движок, установить индекс  $\boxed{10}$  против деления шкалы 1, соответствующего значению масштаба  $M_c$  (рис. 78);

— установить визирку по шкале 2 на деление, соответствующее значению  $l$ ;

— отсчитать по визирке на шкале 1 (или 5) искомое значение захвата на местности.

**Пример.**

Дано:  $M_{с.п} = 42,5$  м в 1 см;  
 $M_{с.у} = 73$  м в 1 см;  $l = 30$  см.

Находим:  $S_{п} = 1280$  м;  
 $S_{у} = 2190$  м.

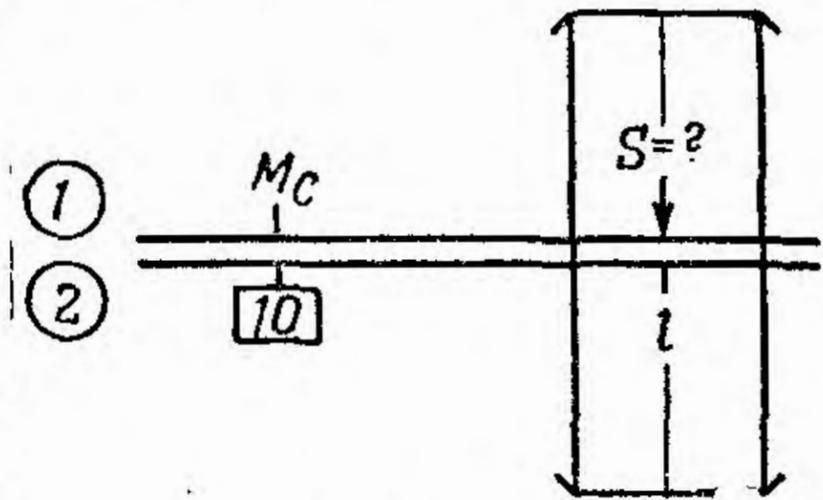


Рис. 78

## 12. Определение удалений вертикали самолета при перспективном фотографировании

Задачи решаются по формулам (см. рис. 75)

$$D_{п.п} = H \operatorname{tg} \alpha_1;$$

$$D_{т.в} = H \operatorname{tg} \alpha;$$

$$D_{у.п} = H \operatorname{tg} \alpha_2,$$

где  $D_{п.п}$ ,  $D_{т.в}$  и  $D_{у.п}$  — удаление вертикали самолета от переднего плана, от точки визирования и от удаленного плана соответственно.

Порядок решения (шкалы 4 и 5):

— передвигая движок, установить индекс  $\nabla$  против деления шкалы 5, соответствующего значению высоты полета  $H$  (рис. 79);

— установить визирку по шкале 4 последовательно на деления, соответствующие значениям угла  $\alpha_1$ ,  $\alpha$  и  $\alpha_2$ ;

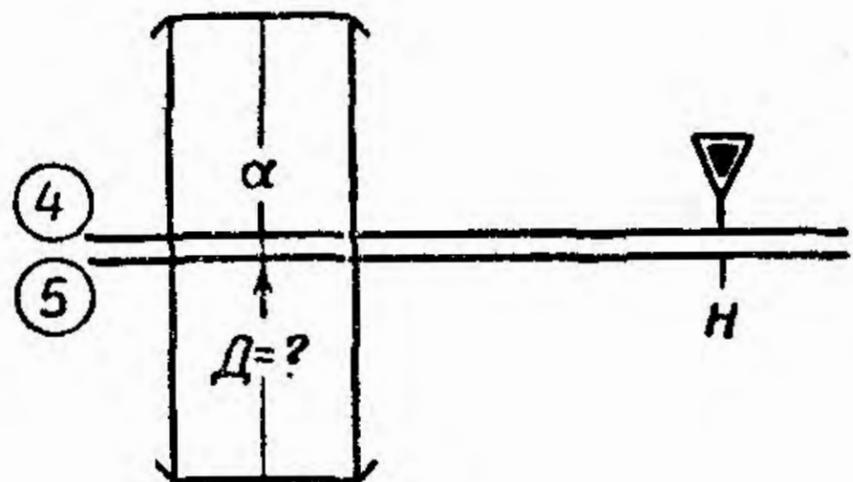


Рис. 79

— отсчитать по визирке на шкале 5 искомые удаления вертикали самолета  $D_{п.п}$ ,  $D_{т.в}$  и  $D_{у.п}$ .

Пример. Дано:  $H = 2000$  м;  $\alpha = 35^\circ$ ;  $\beta = 34^\circ$ .

Находим:  $\alpha_1 = 35^\circ - 17^\circ = 18^\circ$ ;  $\alpha_2 = 35^\circ + 17^\circ = 52^\circ$ ;

по линейке:  $D_{п.п} = 650$  м;  $D_{т.в} = 1400$  м;  $D_{у.п} = 2560$  м.

### 13. Определение интервала между экспозициями при перспективном фотографировании

Задача решается по формулам

$$t_i = \frac{a M_{с.п}}{W} \quad (\text{при фотографировании в сторону});$$

$$t_i = \frac{L_1}{W} \quad (\text{при фотографировании вперед}),$$

где  $t_i$  — интервал между экспозициями в сек.;

$M_{с.п}$  — масштаб снимка по переднему плану в м;

$W$  — путевая скорость в м/сек;

$L_1$  — захват местности в м по рабочей стороне снимка (с учетом перекрытия).

Порядок решения (шкалы 1 и 2):

— передвигая движок, установить индекс 10 или 100 на деление шкалы 1, соответствующее значению  $a$  (рис. 80);

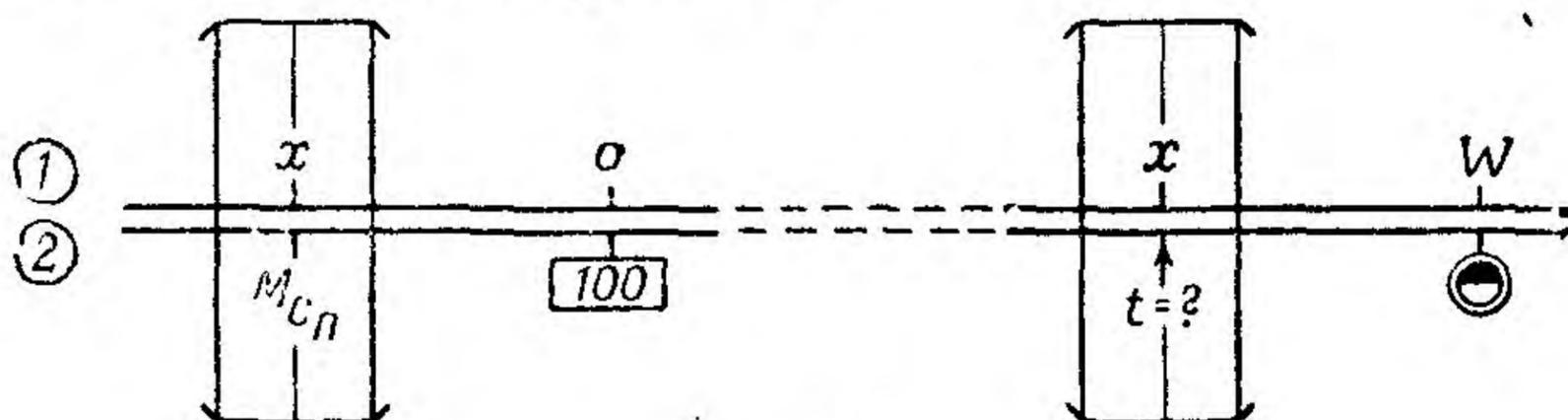


Рис. 80

— установить визирку по шкале 2 на деление, соответствующее значению  $M_{с.п}$ , или по шкале 1 на деление, соответствующее значению  $L_1$ ;

— передвигая движок, подвести индекс  на деление шкалы 1, соответствующее скорости  $W$  в км/час;

— отсчитать по визирке на шкале 2 искомое значение  $t_i$  в сек.

Примеры: 1) Дано:  $M_{сн} = 75$  м в 1 см;  $a = 18$  см;  $W = 440$  км/час.

Находим:  $t_i = 11$  сек.

2) Дано:  $L_1 = 2100$  м;  $W = 540$  км/час.

Находим:  $t_i = 14$  сек.

#### 14. Определение количества аэроснимков для одного маршрута при перспективном фотографировании

Задача решается по формулам

$$N_{сн} = \frac{S}{a M_{сн}} \quad (\text{при фотографировании в сторону});$$

$$N_{сн} = \frac{S}{L_1} \quad (\text{при фотографировании вперед}),$$

где  $S$  — длина фотографируемого маршрута в км.

Порядок решения (шкалы 1 и 2 или 14 и 15):

— установить визирку по шкале 1 на деление, соответствующее длине фотографируемого маршрута  $S$  (рис. 81, а);

— передвигая движок, установить под визирку деление шкалы 2, соответствующее значению величины  $a$  или  $L_1$  (для второго случая);

— перевести визирку по шкале 2 до совмещения с индексом ; если была установлена величина  $L_1$ , то на шкале 1 по визирке отсчитать количество снимков  $N_{сн}$  (рис. 81, б);

— передвигая движок, установить под визирку деление шкалы 2, соответствующее значению  $M_{сн}$ ;

— отсчитать по шкале 1 против индекса  $\boxed{10}$  или  $\boxed{100}$  искомое значение количества снимков  $N_{сн}$ .

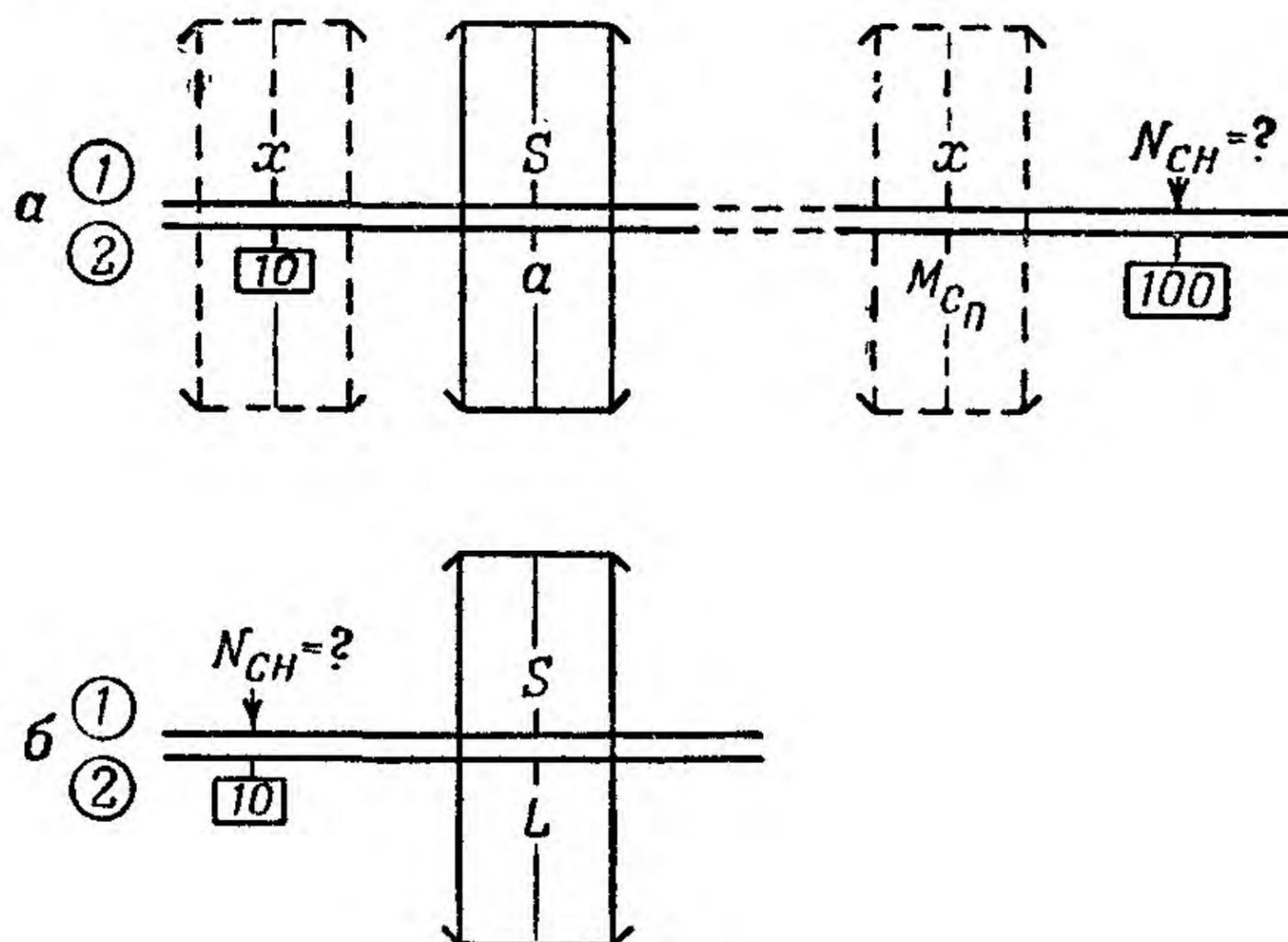


Рис. 81

**Примеры:** 1) Дано:  $S = 14$  км;  $a = 16$  см;  $M_{сн} = 70$  м в 1 см.

Находим:  $N_{сн} = 13$ .

2) Дано:  $S = 12$  км;  $L_1 = 1,4$  км.

Находим:  $N_{сн} = 9$ .

## ЗАДАЧИ НА ВОЗДУШНУЮ СТРЕЛЬБУ

### 1. Определение линейного отношения пули или снаряда

Задача решается по формуле (рис. 82)

$$A = \frac{DV_1}{V_0},$$

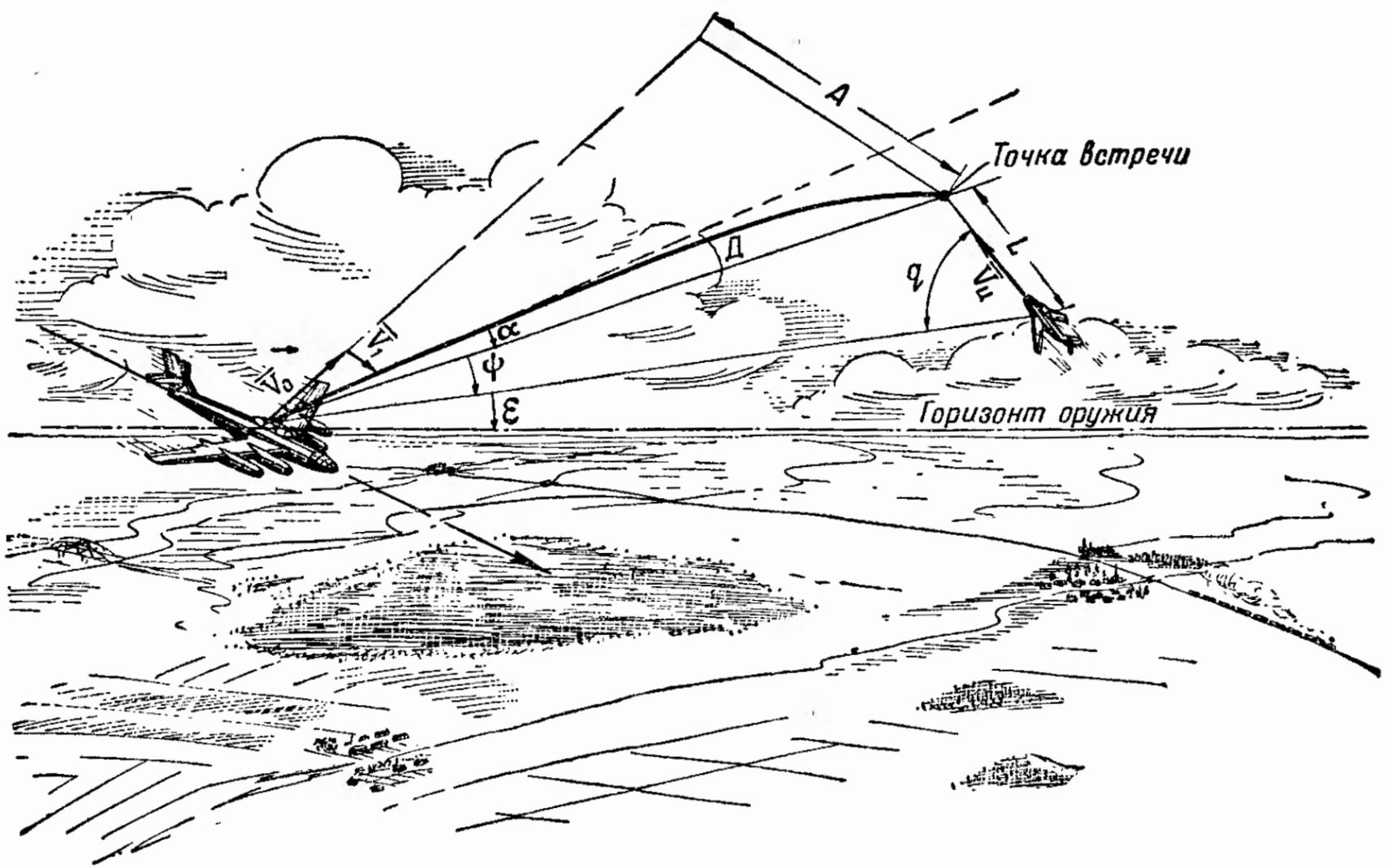


Рис. 82

где  $D$  — дальность стрельбы в м;

$V_1$  — воздушная скорость самолета-стрелка;

$V_0$  — начальная скорость снаряда.

Порядок решения (шкалы 1 и 2):

— передвигая движок, установить индекс  $\odot$  на деление шкалы 1, соответствующее значению  $V_1$  в км/час (рис. 83);

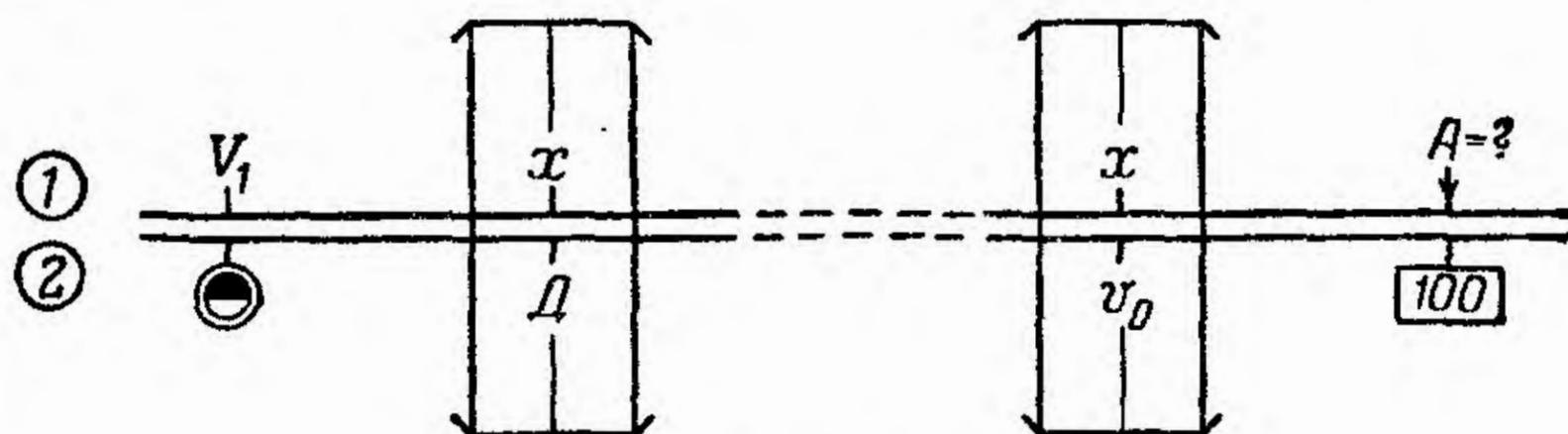


Рис. 83

— установить визирку по шкале 2 на деление, соответствующее значению  $D$  (в интервале 10—100);

— передвигая движок, подвести под визирку деление шкалы 2, соответствующее значению  $V_0$  в м/сек (в интервале 10—100);

— отсчитать на шкале 1 против индекса  $\boxed{100}$  искомое значение отношения  $A$ .

Пример. Дано:  $D = 800$  м;  $V_1 = 880$  км/час  $= 245$  м/сек;  
 $V_0 = 650$  м/сек.

Находим:  $A = 302,0$  м.

## 2. Определение линейного упреждения

Задача решается по формуле (см. рис. 82):

$$L = V_{ц}t,$$

где  $V_{ц}$  — скорость цели в м/сек;

$t$  — время полета снаряда до цели в сек.

Порядок решения (шкалы 1 и 2):

— передвигая движок, установить индекс  на деление шкалы 1, соответствующее значению скорости цели  $V_{ц}$  в км/час (рис. 84);

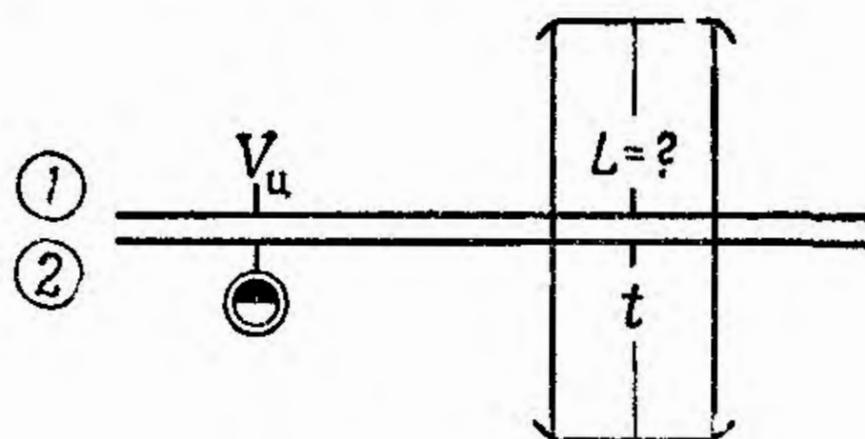


Рис. 84

— установить визирку по шкале 2 на деление, соответствующее времени полета снаряда или пули  $t$  в сек.;

— отсчитать по шкале 1 против визирки искомое значение линейного упреждения  $L$  в м.

Пример. Дано:  $V_{ц} = 760$  км/час;  $t = 0,68$  сек.

Находим:  $L = 143$  м.

### 3. Определение углового упреждения

Задача решается по формуле (см. рис. 82)

$$\psi^T = 1000 \frac{V_{ц} t}{D} \sin q,$$

где  $\psi^T$  — угловое упреждение в тысячных;

$V_{ц}$  — скорость цели в м/сек;

$t$  — время полета снаряда в сек.;

$D$  — дальность стрельбы в м;

$q$  — курсовой угол цели.

Порядок решения (шкалы 1, 2 и 3):

— передвигая движок, установить индекс  против деления шкалы 1, соответствующего значению  $V_{ц}$  в км/час (рис. 85);

— установить визирку по шкале 2 на деление, соответствующее значению  $t$  в сек.;

— передвигая движок, подвести под визирку деление шкалы 2, соответствующее значению  $D$ ;

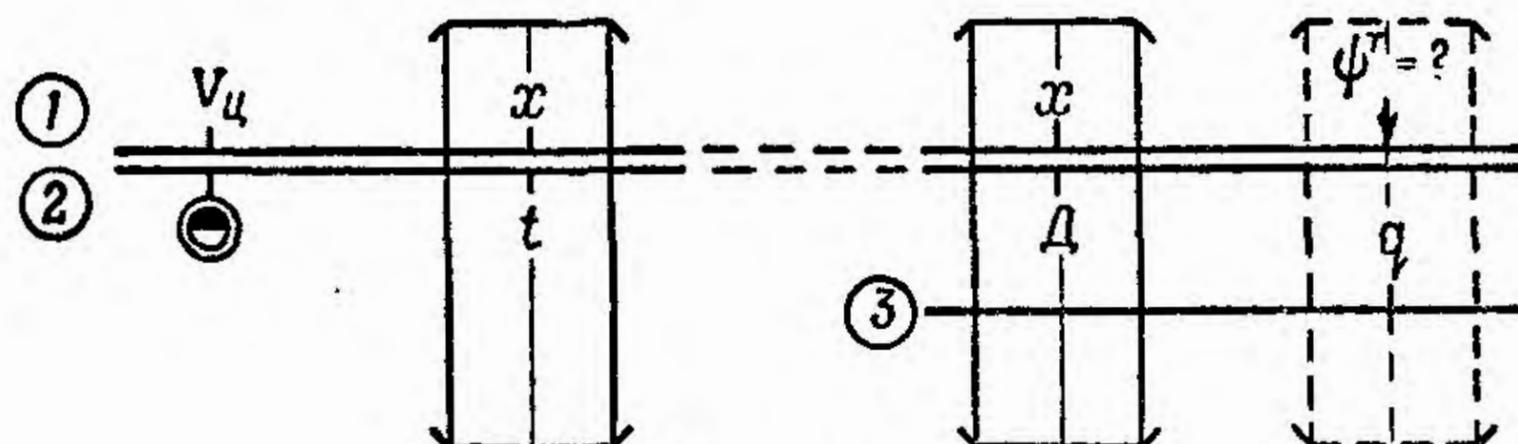


Рис. 85

— перевести визирку на деление шкалы 3, соответствующее значению  $q$ , и отсчитать по визирке на шкале 1 (или 5) искомое значение  $\psi^T$ .

Пример. Дано:  $V_{ц} = 700$  км/час;  $t = 0,74$  сек.;  $D = 450$  м;  $q = 50^\circ$ .

Находим:  $\psi^T = 245$  тысячных.

#### 4. Определение дальности до цели

Задача решается по формуле (см. рис. 82)

$$D = 1000 \frac{l}{\gamma^T},$$

где  $l$  — размер цели в м;

$\gamma^T$  — видимый размер цели в тысячных.

Порядок решения (шкалы 1 и 2 или 14 и 15):

— установить визирку по шкале 1 на деление, соответствующее значению  $l$  (рис. 86);

— передвигая движок, подвести под визирку деление шкалы 2, соответствующее значению  $\gamma^T$ ;

— отсчитать по шкале 1 против индекса 100 искомое значение дальности до цели  $D$ .

Пример. Дано:  $l = 37$  м;  $\gamma^T = 55$  тысячных.  
Находим:  $D = 670$  м.

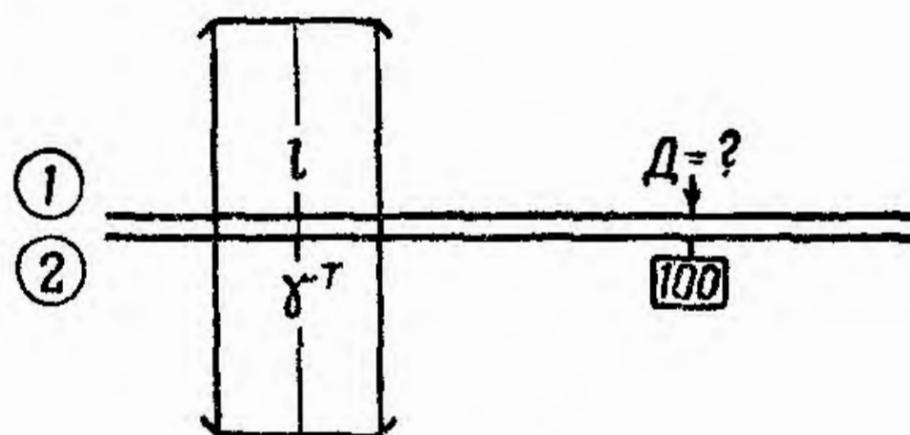


Рис. 86

### 5. Расчет угла прицеливания

Задача решается по формуле (см. рис. 82)

$$\alpha = \frac{\Phi}{C_H} \cos \varepsilon,$$

где  $\alpha$  — угол прицеливания в мин.;

$\Phi$  — коэффициент, определяемый из таблицы в зависимости от произведения баллистического коэффициента на дальность ( $C_H D$ ) и от скорости самолета-стрелка;

$C_H$  — баллистический коэффициент пули и снаряда;

$\varepsilon$  — угол места цели.

Порядок решения (шкалы 1, 2 и 3):

— установить визирку по шкале 1 на деление, соответствующее значению коэффициента  $\Phi$  (рис. 87);

— передвигая движок, подвести под визирку деление шкалы 2, соответствующее значению коэффициента  $C_H$ ;

— установить визирку по шкале 3 на деление, соответствующее значению угла  $(90^\circ - \varepsilon)$ ;

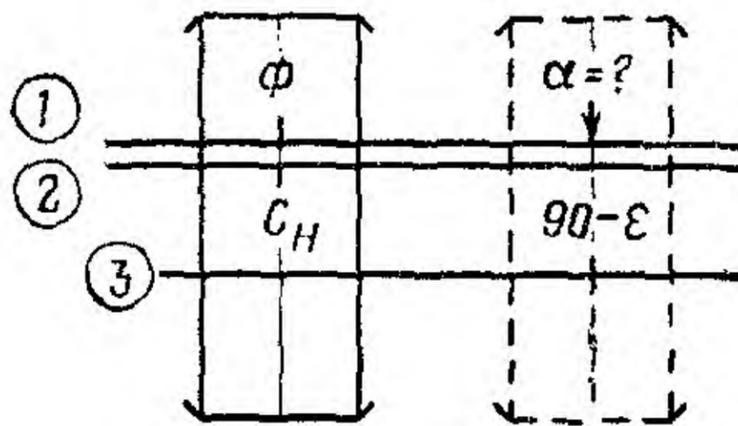


Рис. 87

— отсчитать по визирке на шкале 1 (или 5) искомый угол прицеливания в минутах.

Пример. Дано:  $\Phi = 43$ ;  $C_H = 2,6$ ;  $\varepsilon = 55^\circ$ .

Находим:  $(90^\circ - \varepsilon) = 35^\circ$ ;  $\alpha = 95' = 1^\circ 35'$ .

## ОГЛАВЛЕНИЕ

	Стр.
Введение . . . . .	3
Глава первая. Устройство навигационной счетной линейки НЛ-10 . . . . .	5
Общие сведения . . . . .	—
1. Принцип устройства и расчета шкал счетной линейки . . . . .	—
2. Конструкция счетной линейки . . . . .	7
3. Шкалы линейки, их назначение и построение . . . . .	8
4. Правила обращения и хранения . . . . .	22
Глава вторая. Задачи, решаемые при помощи НЛ-10 . . . . .	24
Задачи по математике . . . . .	—
1. Умножение и деление чисел . . . . .	—
2. Извлечение квадратных корней из чисел и возведение их в квадрат . . . . .	27
3. Определение значений тригонометрических функций . . . . .	30
4. Умножение и деление числа на тригонометрические функции углов . . . . .	31
5. Комбинированные действия . . . . .	35
Задачи на перевод единиц измерения . . . . .	37
1. Перевод скоростей, выраженных в км/час, в скорости, выраженные в м/сек, и обратно . . . . .	—
2. Перевод морских и английских миль в километры и обратно . . . . .	—
3. Перевод футов в метры и обратно . . . . .	38
4. Перевод угла в градусах в угол в радианах и обратно . . . . .	39

	<i>Стр.</i>
<b>Задачи по самолетовождению . . . . .</b>	<b>40</b>
<b>I. Определение навигационных элементов . .</b>	<b>—</b>
1. Расчет путевой скорости по пройденному расстоянию и времени полета . .	—
2. Расчет пройденного расстояния по путевой скорости и времени полета . .	41
3. Расчет времени полета по пройденному расстоянию и путевой скорости . . . .	—
4. Расчет путевой скорости по времени пролета базы, равной высоте полета	42
5. Расчет поправки в курс по расстоянию и боковому уклонению . . . . .	43
6. Расчет исправленной высоты полета по показанию барометрического высотомера . . . . .	45
7. Расчет исправленной воздушной скорости по показанию указателя скорости	48
8. Расчет угла сноса и путевой скорости по известному вектору ветра . . . . .	51
9. Расчет угла сноса самолета по вертикальному углу и боковому уклонению	53
10. Определение угла сноса по боковой радиостанции . . . . .	54
11. Расчет горизонтальной дальности по высоте и вертикальному углу . . . . .	57
12. Расчет горизонтальной дальности по высоте и наклонной дальности . . . . .	—
13. Определение путевой скорости при помощи круговых систем . . . . .	60
<b>II. Расчеты на маневрирование . . . . .</b>	<b>61</b>
14. Определение радиуса разворота по углу крена и скорости разворота . . . .	—
15. Определение времени разворота самолета с заданным радиусом и скоростью разворота . . . . .	62
16. Определение времени разворота самолета с заданным креном и скоростью разворота . . . . .	64
17. Определение линейного упреждения разворота . . . . .	65
18. Расчет минимального расстояния для возможного погашения опоздания или избытка времени . . . . .	67

	<i>Стр.</i>
19. Определение времени полета на петле для погашения избытка времени . . . . .	68
20. Расчет времени встречи и догона самолетов . . . . .	69
<b>Задачи по бомбометанию . . . . .</b>	<b>70</b>
1. Расчет угла прицеливания . . . . .	—
2. Определение наклонной дальности сбрасывания бомб . . . . .	72
3. Определение величины сноса медленно падающего тела . . . . .	74
4. Определение высоты бомбометания по фотоснимкам . . . . .	75
5. Расчет необходимого числа снимков при фотобомбометании . . . . .	76
<b>Задачи на воздушное фотографирование . . . . .</b>	<b>77</b>
1. Определение масштабов снимка . . . . .	—
2. Определение высоты фотографирования . . . . .	78
3. Определение максимально допустимой экспозиции (выдержки) . . . . .	79
4. Определение захвата на местности . . . . .	80
5. Определение стороны контура палетки . . . . .	—
6. Определение количества аэроснимков для одного маршрута . . . . .	81
7. Определение интервала между экспозициями (снимками) . . . . .	82
8. Определение количества маршрутов для фотографирования заданной площади . . . . .	83
9. Определение высоты при перспективном фотографировании . . . . .	—
10. Определение масштаба снимка при перспективном фотографировании . . . . .	85
11. Определение захвата на местности по переднему и удаленному плану . . . . .	86
12. Определение удалений вертикали самолета при перспективном фотографировании . . . . .	87
13. Определение интервала между экспозициями при перспективном фотографировании . . . . .	88
14. Определение количества аэроснимков для одного маршрута при перспективном фотографировании . . . . .	89
	<b>99</b>

	<i>Стр.</i>
<b>Задачи на воздушную стрельбу . . . . .</b>	<b>90</b>
1. Определение линейного отбоса пули или снаряда . . . . .	—
2. Определение линейного упреждения . .	92
3. Определение углового упреждения . .	93
4. Определение дальности до цели . . . .	94
5. Расчет угла прицеливания . . . . .	95

---

**Кормашов Василий Андреевич**  
**Навигационная счетная линейка НЛ-10**

Редактор гвардии майор *Медведев И. М.*  
Технический редактор *Мясникова Т. Ф.*  
Корректор *Рогунова Л. А.*

---

Сдано в набор 13.08.55 г. Подписано к печати 3.12.55 г.

Формат бумаги  $70 \times 92 \frac{1}{32} - 3 \frac{1}{8}$  печ. л. = 3,656 усл. печ. л. +  
+ 3 вкл.  $\frac{1}{2}$  печ. л. = 0,293 усл. печ. л. 3,537 уч.-изд. л.

Г-15388.

Военное Издательство Министерства обороны Союза ССР  
Москва, Тверской бульвар, 18.

Изд. № 6/8054.

Зак. 476.

---

1-я типография имени С. К. Тимошенко  
Управления Военного Издательства  
Министерства обороны Союза ССР

Цена 1 р. 85 к.