

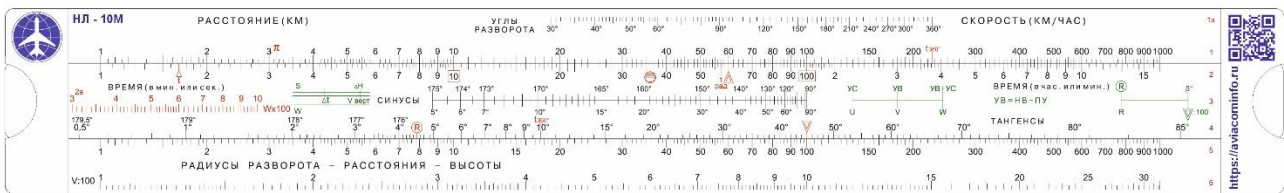


ЗАКРЫТОЕ АКЦИОНЕРНОЕ ОБЩЕСТВО
«МЕЖРЕГИОНАЛЬНЫЙ АЭРОНАВИГАЦИОННЫЙ ЦЕНТР
«АВИАКОМИНФО»



ИНСТРУКЦИЯ

НАВИГАЦИОННАЯ СЧЕТНАЯ ЛИНЕЙКА



НЛ-10М

ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ	3
ГЛАВА I. УСТРОЙСТВО НАВИГАЦИОННОЙ СЧЕТНОЙ ЛИНЕЙКИ НЛ-10М ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ	4
1. Принцип устройства и расчета шкал счетной линейки.....	4
2. Конструкция счетной линейки	5
3. Шкалы линейки, их назначение и построение	5
4. Правила обращения и хранения	12
ГЛАВА II. ЗАДАЧИ, РЕШАЕМЫЕ ПРИ ПОМОЩИ НЛ-10М	13
ЗАДАЧИ ПО МАТЕМАТИКЕ.....	13
1. Умножение и деление чисел	13
2. Извлечение квадратных корней из чисел и возведение их в квадрат	14
3. Определение значений тригонометрических функций.....	14
4. Умножение и деление числа на тригонометрические функции углов	15
5. Комбинированные действия	16
ЗАДАЧИ НА ПЕРЕВОД ЕДИНИЦ ИЗМЕРЕНИЯ.....	17
1. Перевод скоростей, выраженных в км/час, в скорости, выраженные в м/сек, и обратно	17
2. Перевод морских и английских миль в километры и обратно	17
3. Перевод футов в метры и обратно.....	17
4. Перевод угла в градусах в угол в радианах и обратно	17
ЗАДАЧИ ПО САМОЛЕТОВОЖДЕНИЮ	18
I. ОПРЕДЕЛЕНИЕ НАВИГАЦИОННЫХ ЭЛЕМЕНТОВ	18
1. Расчет путевой скорости по пройденному расстоянию и времени полета	18
2. Расчет пройденного расстояния по путевой скорости и времени полета.	18
3. Расчет времени полета по пройденному расстоянию и путевой скорости.	18
4. Расчет путевой скорости по времени пролета базы, равной высоте полета	19
5. Расчет поправки в курс по расстоянию и боковому уклонению.....	19
6. Расчет исправленной высоты полета по показанию барометрического высотомера	19
7. Расчет исправленной воздушной скорости по показанию указателя скорости.....	21
8. Расчет угла сноса и путевой скорости по известному вектору ветра	21
9. Расчет угла сноса самолета по вертикальному углу и боковому уклонению.....	22
10. Определение угла сноса по боковой радиостанции	22
11. Расчет горизонтальной дальности по высоте и вертикальному углу	23
12. Расчет горизонтальной дальности по высоте и наклонной дальности	23
13. Определение путевой скорости при помощи круговых систем	24
14. Определение вертикальной скорости и расстояния снижения или набора.....	24
15. Определение времени и расстояния набора заданной высоты или снижения.....	24
II. РАСЧЕТЫ НА МАНЕВРИРОВАНИЕ	25
1. Определение радиуса разворота по углу крена и скорости разворота	25
2. Определение времени разворота самолета с заданным радиусом и скоростью разворота ..	25
3. Определение времени разворота самолета с заданным креном и скоростью разворота	26
4. Определение линейного упреждения разворота.....	26
5. Расчет минимального расстояния для возможного погашения опоздания или избытка времени	26
6. Определение времени полета на петле для погашения избытка времени.....	27
7. Расчет времени встречи и догона самолетов.....	27

ВВЕДЕНИЕ

Навигационная счетная линейка НЛ-10М 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-10М 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-10М 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-10М 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-10М.

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

ГЛАВА I. УСТРОЙСТВО НАВИГАЦИОННОЙ СЧЕТНОЙ ЛИНЕЙКИ НЛ-10М ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ

1. Принцип устройства и расчета шкал счетной линейки

Навигационная счетная линейка НЛ-10М построена по типу логарифмических линеек. Как известно, основные свойства логарифмов заключаются в следующем:

- 1) Логарифм произведения двух чисел равен сумме логарифмов чисел

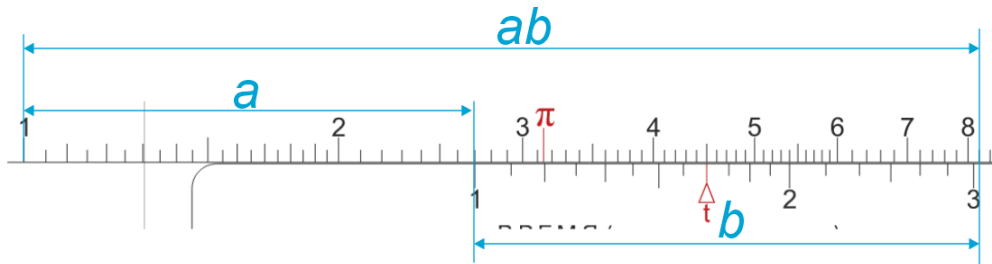
$$\text{Lg } a \cdot b = \text{Lg } a + \text{Lg } b$$
- 2) Логарифм частного двух чисел равен разности логарифмов делимого и делителя

$$\text{Lg } \frac{a}{b} = \text{Lg } a - \text{Lg } b.$$
- 3) Логарифм степени равен логарифму основания, умноженному на показатель степени

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

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

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.



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 разными интервалами от 0 до 1 (от $\text{Lg } 1$ до $\text{Lg } 10$), 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 I 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 $\text{Lg } 1 = 0$, а величина интервала (масштаб или модуль шкалы) выбирается в зависимости от размеров линейки и заданной точности вычислений. Например, на линейке НЛ-10М 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-10М имеет три основные части: корпус 1, движок 2 и визирку 3. 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 - 304 мм;
- ширина (по нижней части) - 44 мм;
- толщина (без визирки) - 6 мм.

3. Шкалы линейки, их назначение и построение

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











Данные шкал НЛ-10М

№ п/п	Наименование (назначение) шкал	Интервалы шкалы	Цена делений по интервалу шкалы	
			наименьшая	наибольшая
1.	Расстояние (км) – скорость (км/ч)	1-1000 км(км/ч)	0,1 км(км/ч)	20 км (км/ч)
2.	Время (в мин. или сек.)	1 сек. – 16,6 мин	1/6 сек.	0,5 мин.
3.	Синусы	5 - 90° (90 – 175°)	1°	10°
4.	Тангенсы	0,5 - 85°	10'	1°
5.	Радиусы разворота – расстояние - высоты	1 – 1000м (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_n	от +90 до -120°	10°	10°
8.	Исправленная высота	400 – 12 000 м	50м	200м
9.	Высота по прибору	400 – 12 000 м	50м	200м
10.	Температура на высоте для высоты более 11000м	от -30° до -75°	5°	5°
11.	Температура на высоте для скорости	от +30° до -75°	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/ч	20 м 2 км/час	200 м 20 км/час
15.	Высота и скорость по прибору	12 – 23 км 100 – 1200 км/час	20м 2 км/час	200м 20 км/час

Инструкция НЛ-10М

16.	Шкала поправок к термометру Δt°	0 - 51°	1°	5°
17.	Масштабная миллиметровая шкала	0 – 25см	1мм	1мм

Знаки и индексы, нанесенные на линейке

π	отношение длины окружности к диаметру; нанесен на шкале 1 и может использоваться для решения задач, связанных с определением длины окружности; (3,14)
t_{360°	нанесен на шкале 1, служит для определения времени разворота самолета на 360°;
	нанесен на шкале 2, служит для перевода скоростей, выраженных в км/час, в м/сек и обратно, соответствует делению 36
	нанесен 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);
 	нанесены на шкале 2 и могут использоваться как начальные или конечные штрихи шкалы;
	нанесен на шкале 4 и служит для решения задач по определению радиуса разворота самолета;
	нанесен на шкале 4, соответствует делению 45° 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.
	нанесены на шкалах 14 и 15 и служат для обозначения десятичных интервалов шкал, используются для умножения и деления чисел;
t_{360° 10°	деление шкалы 4, используется при решении задач по определению времени разворота самолета на 360°;
	нанесен на шкале 2 и служит для решения задач маневрирования

Для решения задач несколько шкал линейки НЛ-10М, 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-10М.

Шкалы



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

$$S = Wt$$

где:

S - расстояние в км (м);
W - путевая скорость в км/час (м/сек);
t - время полета в час., мин. или сек.

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 10 100 десятичный интервал, которым пользуются одновременно со шкалой **1** при умножении и делении безразмерных величин.

Значение путевой скорости **W** км/час устанавливается и отсчитывается по шкале **1** против индекса , если время берется в минутах или часах, либо против индекса , если время берется в секундах.

Шкалы

3 - синусы,
4 - тангенсы,
5 - радиусы разворота - расстояния - высоты
 предназначены для решения формул:

$$S = H \operatorname{tg} \alpha \text{ - на шкалах 4 и 5}$$

и

$$S_1 = H \sin \alpha. \text{ - на шкалах 3 и 5}$$

где:

S и **S₁** - расстояние в м или км;
H - высота в м или км;
α - угол в град.

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 м или км. На движке нанесены логарифмы значений тангенсов углов от 0,5 до 85° (шкала **4**) и логарифмы значений синусов углов от 5 до 90° или от 175 до 90° (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, 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.

Шкалы

7 - сумма температур ($t_0 + t_H$),

8 - исправленная высота,

9 - высота по прибору и индекс \triangle 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:

$$\frac{H}{H_{пр}} = \frac{T_{ср}}{T_{0СТ} - \frac{\Gamma}{2} H_{пр}}$$

где:

H - исправленное значение высоты;

$H_{пр}$ - высота по прибору;

$T_{ср}$ - средняя абсолютная температура столба воздуха;

Γ - вертикальный температурный градиент, равный 0,0065 град, на 1 м

$T_{0СТ}$ - стандартная температура у земли, равная 288°.

На верхней неподвижной шкале **7** нанесены логарифмы чисел, соответствующие сумме температур на земле и высоте полета ($t_0 + t_H$) в диапазоне от +90° до -120°, это исключает ненужную операцию по определению средней температуры. На шкале **8** на корпусе линейки нанесены логарифмы чисел, соответствующие исправленному значению высоты полета в диапазоне от 400 до 12000 м.

На подвижной шкале **9** нанесены логарифмы величины ω , соответствующие значению высоты полета по прибору от 400 до 12000 м.

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°С, принятой для построения шкалы высотомера.

Задача пересчета высоты в этом случае решается по формуле:

$$H - 11000 = \frac{T_H}{216,5} (H_{пр} - 11000)$$

где:

H — истинное значение высоты;

$H_{пр}$ — приборное значение высоты;

T_H — абсолютная температура на высоте.

На верхней подвижной шкале **10** нанесены логарифмы чисел, соответствующие температуре на высоте полета в диапазоне от -30 до -75°С, 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 9 000 -13 000 м и отличается от стандартной, которая принята для построения шкалы высотомера постоянной и равна 11 000 м.

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 аэродинамических указателей скорости, 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 ρ равна $0,125 \text{ кг сек}^2/\text{см}^4$. Такая плотность соответствует атмосферному давлению $P - 760 \text{ мм рт. ст.}$ и температуре воздуха $t = 15^\circ\text{C}$. Это может быть по условиям международной стандартной атмосферы на высоте, равной нулю.

Задача пересчета скорости решается по формуле:

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

где:

$V_{испр}$ - исправленное значение скорости;

$V_{пр}$ - скорость, показываемая прибором;

T - абсолютная температура воздуха на высоте;

$T_{СТ}$ - температура воздуха на высоте по международной стандартной атмосфере;

$H_{пр}$ - высота по прибору в км.

Шкалы 11 и 12 являются установочными, а шкалы **14 и 15** - основными, служащими для снятия отсчетов определяемых величин. На шкале **11** нанесены логарифмы величины τ , соответствующие значениям температуры воздуха на высоте от $+30$ до -70°C . На шкале **12** 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.

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 анероидной 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.

Известно, что шкала КУС построена по формуле:

$$V_{KVC} = \sqrt{\frac{2\kappa}{\kappa - 1} \cdot Rg \cdot T_{HCT} \left[\left(\frac{\Delta P}{P_H} + 1 \right)^{\frac{\kappa-1}{\kappa}} - 1 \right]}$$

где:

$g = 9,81$ м/сек² — ускорение силы тяжести;

$R = 29,27$ м/град — газовая постоянная;

T_{HCT} — абсолютная температура воздуха на высоте по условиям МСА;

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

ΔP — разность между динамическим и атмосферным давлением;

P_H — атмосферное давление на высоте полета по условиям МСА.

Как видно из формулы, показания КУС зависят от величины ΔP , которая в свою очередь изменяется с изменением температуры воздуха. Если величины ΔP 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_{HCT} . Эту ошибку можно учесть, если в формуле подставить истинные значения величин T и T_{HCT} и взять отношение $\frac{V_{KVC}}{V}$. После некоторых преобразований будем иметь:

$$V = V_{KVC} \sqrt{\frac{T}{T_{HCT}}}$$

или

$$V = V_{KVC} \sqrt{\frac{273 + t_H}{288 - 0,0065 H_{np}}}$$

где:

t_H - фактическая температура на высоте по Цельсию;

H_{np} - приборная высота в км

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

На шкале **13** (на неподвижной части линейки) нанесены логарифмы величины $(288 - 0,0065 H_{np})$, соответствующие высоте по прибору от 0 до 11 км. При полете на высоте более 11 км берется $H_{np} = 11$ 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 ± 30 мм, то погрешность пересчета не превышает 0,5% V и ею можно пренебречь.)

Шкала 16 служит для определения ошибок термометра наружного воздуха в полете вследствие нагревания его чувствительного элемента в заторможенном потоке или наличия трения о воздух. Величина поправки Δt зависит от истинной скорости полета и выражается формулой:

$$\Delta t = 0,625 \cdot \left(\frac{V}{100} \right)^2$$

где:

V - истинная воздушная скорость в км/час;

0,265 - коэффициент пропорциональности.

При всех пересчетах высоты и скорости необходимо по этой шкале найти поправку Δt и исправить показания термометров по формуле, помещенной справа от шкалы:

$$t_{\text{испр}} = t - \Delta t$$

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

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

или

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

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

4. Правила обращения и хранения

При использовании 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 использовании 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 II. ЗАДАЧИ, РЕШАЕМЫЕ ПРИ ПОМОЩИ НЛ-10М

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 большим масштабом, и потому на них умножение и деление чисел можно выполнять с большей точностью (с большим 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 **1000** шкалы **14** или **100** шкалы **2** (движок вышел влево), или на единицу меньше, если против множимого было установлено деление 100 шкалы **14** или **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 **1000** шкалы **14** или **100** шкалы **2** (движок вышел влево), или на единицу больше, если отсчет был сделан против деления 100 шкалы **14** или **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 **1000** на деление шкалы **15**,
- установить визирку по шкале **14** на деление, соответствующее множителю;
- отсчитать по визирке на шкале **15** искомое произведение.

Порядок деления (шкалы **14** и **15**):

- установить визирку по шкале **15** на деление, соответствующее делимому;
- передвигая движок, подвести под визирку деление шкалы **14**, соответствующее делителю;
- отсчитать по шкале **15** против деления 100 или **1000** искомое частное.

Примечание.

Порядок умножения и деления чисел на шкалах **1** и **2** отличается лишь тем, что вместо деления 100 и индекса **1000** шкалы **14** используются индексы **10** и **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 IgN , то деления шкалы **5** пропорциональны значениям $IgN^2 = 2IgN$.

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;
- 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).
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 «ноль 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.

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;
- передвигая движок, добиться такого положения, чтобы на шкале **15** против деления 100 или 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 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 α производится по формулам:

- Синус угла ($\sin \alpha$): Отношение длины катета, лежащего напротив этого угла, к длине гипотенузы.
- Тангенс угла ($\operatorname{tg} \alpha$): Отношение длины катета, лежащего напротив угла, к длине прилежащего катета.

Порядок решения (шкалы **3**, **4** и **5**):

- передвигая движок, установить индекс ∇ на деление 100 шкалы 5;
- установить визирку по шкале 4 на деление, соответствующее заданному углу, если находится тангенс и синус угла (угол меньше 5° или больше 175°), или по шкале 3, если находится синус угла (угол больше 5° или меньше 175°);
- 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° , т. е. на значения $(90^\circ - \alpha)$, где α - заданный угол.

4. Умножение и деление числа на тригонометрические функции углов

а) Умножение числа на синус и косинус угла:

$$a = b \cdot \sin \alpha;$$

$$d = b \cdot \cos \alpha.$$

Порядок решения (шкалы 3 и 5):

- передвигая движок, установить индекс у против деления шкалы 5, соответствующего числу;
- установить визирку по шкале 4 (если заданный угол меньше 5° или больше 175°) или по шкале 3 (если заданный угол больше 5° или меньше 175°) на деление, соответствующее заданному углу;
- отсчитать по визирке на шкале 5 искомое произведение.

Примечание.

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

б) Умножение числа на тангенс и котангенс угла

$$a = b \cdot \operatorname{tg} \alpha;$$

$$d = b \cdot \operatorname{ctg} \alpha.$$

Порядок решения (шкалы 4 и 5):

- передвигая движок, установить индекс ∇ против деления шкалы 5, соответствующего заданному числу;
- 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° , т. е. $(90^\circ - \alpha)$.

в) Деление числа на синус и тангенс угла

$$\alpha = \frac{b}{\sin \alpha}; \quad d = \frac{b}{\operatorname{tg} \alpha}$$

Порядок решения (шкалы 3 и 5):

- установить визирку по шкале 5 на деление, соответствующее заданному числу;
- передвигая движок, подвести под визирку деление шкалы 4 (если число делится на тангенс или заданный угол меньше 5° или больше 175°) или шкалы 3 (если число

делится на синус и заданный угол больше 5° или меньше 175°), соответствующее заданному углу;

- отсчитать по шкале **5** против индекса ∇ искомое частное.

Примечания:

1. При делении чисел на косинус угла необходимо подводить под визирку деления шкалы **3** или **4**, соответствующие дополнению угла до 90° , т. е. $(90^\circ - \alpha)$.
2. Величины тангенса и котангенса угла являются взаимобратными. Поэтому деление на эти величины целесообразно заменить умножением.
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.

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:

$$r = \frac{0.017\sqrt{S_1^2 + S_2^2}}{\sin \psi} \Delta\Pi,$$

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;

Ψ - 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;
- передвигая движок, установить индекс $\boxed{10}$ по шкале **1** на деление, соответствующее значению 0,017;
- 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 ψ , и перевести визирку по шкале **2** на деление, соответствующее значению $\Delta\Pi$;
- отсчитать по визирке на шкале **1** (или **5**) искомое значение r .


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;
- отсчитать по шкале **1** против индекса 10 искомую скорость в м/сек.

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

- передвигая движок, установить индекс 10 на деление шкалы **1**, соответствующее заданной скорости в м/сек;
- отсчитать по шкале **1** против индекса  искомую скорость в 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;
- установить визирку на индекс **ММ** или **АМ**;
- отсчитать на шкале **15** по визирке искомое число километров.

Порядок перевода километров в морские и английские мили:

- установить визирку по шкале **15** на заданное число километров;
- 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).

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** установить на число метров, а против индекса футы отсчитать число футов.

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

Задача решается по формулам:

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

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 **π** ;
- 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 отсчитать по шкале **1** искомое значение угла в радианах.

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**;
- 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;

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.

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.

Примечание.

Если пройденное расстояние замерено в метрах, то против значения путевой скорости необходимо устанавливать индекс  время полета в этом случае будет выражено в секундах.

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

Задача решается по формуле:


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

где:

H - высота полета в м;

t - время пролета базы под углом 45° в сек.

Порядок решения (шкалы **1** и **2**):

- установить риску визирки по шкале **1** на значение высоты в м;
- передвигая движок, подвести под риску значение времени пролета базы в сек.:
- отсчитать на шкале **1** против индекса  искомое значение путевой скорости в км/час.

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

Задача решается по формуле:


$$tgPK = \frac{ЛБУ}{S}$$

где:

ЛБУ - линейное боковое уклонение в км;

S - пройденное или оставшееся расстояние в км.

Порядок решения (шкалы **4** и **5**):

- передвигая движок, установить индекс  против - деления шкалы **5**, соответствующего пройденному расстоянию;
- 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 против деления шкалы **5**, соответствующего оставшемуся расстоянию;
- отсчитать по визирке на шкале **4** вторую поправку в курс;
- сложить первую и вторую поправки; сумма будет полной поправкой в курс.

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, с той лишь разницей, что вначале против визирки читаем искомое значение не $БУ^\circ$, а ЛБУ в км и по нему уже рассчитываем дополнительную поправку в курс. 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 12000 м

Порядок решения (шкалы **7**, **8** и **9**):

- передвигая движок, установить индекс  против значения суммы температур воздуха у земли и на высоте полета $t_0 + t_H$;

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;

Δt - 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 $H_{\text{испр}}$.

Примечание.

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

б) Пересчет приборной высоты больше 12000 м

Порядок решения (шкалы **10**, **14** и **15**):

- передвигая движок, установить деление шкалы **10**, соответствующее значению температуры на высоте, против индекса $\diamond 11$;
- установить визирку на деление шкалы **15**, соответствующее значению высоты по прибору $H_{\text{пр}}$ (использовать внешнюю оцифровку шкалы — **12**, **13** и т. д., которая соответствует высоте в тысячах метров);
- отсчитать по визирке искомую исправленную высоту $H_{\text{пр}}$.

Примечания:

1. Отсчет показаний барометрического высотомера снимается при установке давления, равного 760 мм рт. ст.
2. Для более точного пересчета высоты больше 12000 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**, 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 $\Delta H = 10150 - 11000 = -850$ 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 12000 м решается по формуле (11). Порядок решения (шкалы **11**, **12**, **14** и **15**):

- установить визирку по шкале **12** на деление, соответствующее высоте полета $H_{пр}$ в км;
- 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 $V_{пр}$;
- отсчитать по визирке на шкале **14** искомую исправленную воздушную скорость $V_{испр}$.

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.

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.

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** на деление, соответствующее высоте полета $H_{пр}$ 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.);
- 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 $V^*_{кус}$;
- отсчитать по визирке на шкале **14** искомую исправленную воздушную скорость $V_{испр}$.

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

Задача решается по формулам:

$$\sin \gamma C = \frac{U}{V} \sin \gamma B \text{ и } W = \frac{\sin(\gamma B + \gamma C)}{\sin \gamma B} V$$

где:

УС - угол сноса;

U - скорость ветра в км/час;

V - воздушная скорость в км/час;

УВ - 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 ;
- передвигая движок, подвести под визирку деление шкалы **3**, соответствующее углу ветра $УВ^*$, если $УВ$ заключен в пределах $5^\circ-90^\circ$ или $90^\circ-175^\circ$; или деление шкалы **4**, если $УВ$ заключен в пределах $0^\circ-5^\circ$ или $175^\circ-180^\circ$;

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

* Угол ветра определяется по формуле, помещенной справа шкалы 3: $УВ = НВ - ПУ$ (направление ветра минус путевой угол). Его надо считать всегда меньше 180° ; если он получится больше 180° , следует взять дополнение до 360° . Не следует смешивать $УВ$ с $КУВ$ (курсовой угол ветра есть угол между направлением продольной оси самолета и направлением ветра).

- установить визирку на деление шкалы **5**, соответствующее скорости ветра U ;
- отсчитать по визирке на шкале **3** (если угол сноса меньше 5° , то по шкале **4**) искомый угол сноса $УС$;
- сложить арифметически угол ветра и угол сноса (при углах ветра меньше 90°) или получить их разность (при углах ветра больше 90°);
- 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 .

Примечания:

1. Знак сноса будет минус (-), если $УВ$ взят как дополнение до 360° ; 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:


$$УС^\circ = \frac{БУ^\circ}{tg ВУ^\circ}$$

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 $БУ^\circ$;
- передвигая движок, подвести под визирку значение вертикального угла $ВУ^\circ$ на шкале **4**;
- отсчитать по шкале **5** против индекса  искомое значение угла сноса.

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:

$$tg УС = \frac{t_2 - t_1}{t_1 + t_2} \text{ или } tg(45^\circ + УС) = \frac{t_2}{t_1}$$

где:

t_1 - время полета в сек. с момента, когда КУР изменяется от 45° до 90° или от 315° до 270° ;

t_2 - время полета в сек. с момента, когда КУР изменяется от 90° до 135° или от 270° до 225° .

Порядок решения (шкалы **4** и **5**):

- установить индекс  по шкале **5** на значение суммы $t_1 + t_2$ или на значение t_1 в сек.;

- установить визирку по шкале **5** на значение разности времени $t_1 + t_2$ или на значение t_2 в сек.;
- отсчитать по шкале **4** искомый угол сноса или величину $45^\circ + УС$ (во втором случае).

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 $УС = 45^\circ - \alpha$, если радиостанция находится справа, или из равенства $УС = 9^\circ - 45^\circ$, если радиостанция находится слева.

11. Расчет горизонтальной дальности по высоте и вертикальному углу

Задача решается по формуле:


$$ГД = Н \cdot tgВУ.$$

где:

Н - высота полета;

ВУ - вертикальный угол.

Порядок решения (шкалы **4** и **5**):

- передвигая движок, установить индекс  против деления шкалы **5**, соответствующего высоте полета Н;
- установить визирку по шкале **4** на деление, соответствующее заданному вертикальному углу ВУ;
- отсчитать по визирке на шкале **5** искомое значение горизонтальной дальности ГД.

12. Расчет горизонтальной дальности по высоте и наклонной дальности

Задача решается по формулам:

$$ГД = (НД)\sinВУ;$$

$$ГД = \frac{Н}{tg\alpha} \text{ и } ГД = \sqrt{(НД)^2 - Н^2};$$

где:

Н — высота полета;


НД — наклонная дальность;

ГД — горизонтальная дальность;

α — вспомогательный угол;


ВУ — вертикальный угол ($ВУ = 90^\circ - \alpha$).

Порядок решения (шкалы **3**, **4** и **5**):

- передвигая движок, установить индекс  на деление шкалы **5**, соответствующее наклонной дальности НД;
- установить визирку по шкале **5** на деление, соответствующее высоте полета Н;
- отсчитать по визирке на шкале **3** вспомогательный угол α ;
- перевести визирку на деление шкалы **3**, соответствующее вертикальному углу ($90^\circ - \alpha$);
- отсчитать по визирке на шкале **5** искомую горизонтальную дальность ГД.

Порядок решения:

- определить значение вспомогательного угла α так, как указано выше;

- установить визирку по шкале **5** на деление, соответствующее H ;
- передвигая движок, подвести под визирку деление шкалы **4**, соответствующее значению α ;
- отсчитать против индекса  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 H , отсчитать квадраты этих значений по визирке на шкале **5** и затем, найдя разность полученных квадратов этих значений $(НД)^2 - H^2$, установить ее на шкале **5**;
- отсчитать при помощи визирки по шкале **6** искомое значение горизонтальной дальности $ГД$.

13. Определение путевой скорости при помощи круговых систем

Задача решается по формуле:


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

где:

ψ — угол станций;


ΔR — изменение дальности от станции скорости за время t .

Порядок решения (шкалы **1**, **2** и **3**);

- установить визирку по шкале **1** на деление, соответствующее значению ΔR ;
- передвигая движок, подвести под визирку деление шкалы **2**, соответствующее значению t ;
- перевести визирку до совмещения риски с индексом ;
- передвигая движок, подвести под визирку деление шкалы **3**, соответствующее углу ψ ;
- отсчитать по шкале **1** против индекса 100 искомое значение путевой скорости W .


14. Определение вертикальной скорости и расстояния снижения или набора

Порядок решения (шкалы **1**, **2** и **2а**);

- установить  по шкале **1** на время снижения (набора);
- против высоты снижения (набора) по шкале **1** читать по шкале **2** вертикальную скорость;
- против путевой скорости по шкале **2а** читать по шкале **1** расстояние снижения (набора);

15. Определение времени и расстояния набора заданной высоты или снижения

Порядок решения (шкалы **1**, **2** и **2а**);

- установить значение вертикальной скорости по шкале **2** против высоты снижения (набора) по шкале **1**;
- против  шкалы **2** читать по шкале **1** время снижения (набора) в минутах;
- против путевой скорости по шкале **2а** читать по шкале **1** расстояние снижения (набора);

II. РАСЧЕТЫ НА МАНЕВРИРОВАНИЕ

1. Определение радиуса разворота по углу крена и скорости разворота

Задача решается по формуле:

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

где:

R — радиус разворота самолета в м

V — скорость полета самолета в м/сек;

g — ускорение силы тяжести, равное $9,81 \text{ м/сек}^2$.

Порядок решения (шкалы **4**, **5** и **6**):

- установить визирку по шкале **6** на деление, соответствующее скорости полета самолета V^* в км/час;

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

- передвигая движок, подвести под визирку деление шкалы **4**, соответствующее углу крена самолета β ;
- отсчитать по шкале **5** против индекса \textcircled{R} искомое значение радиуса разворота самолета R в км или м. (Ключ для решения этой задачи помещен на линейке, слева от шкалы **3**.)

2. Определение времени разворота самолета с заданным радиусом и скоростью разворота

Задача решается по формулам:

$$t_{360} = \frac{2\pi R}{V} \quad t_{\text{УР}} = \frac{\pi R}{V} \cdot \frac{\text{УР}}{180} = \frac{\text{УР}}{360} \cdot t_{360};$$

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;
- 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° .

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° , как указано выше;
- установить визирку по шкале **1** на деление, соответствующее значению 360;
- передвигая движок, подвести под визирку по шкале **2** значение времени разворота самолета на 360° ;

- установить визирку по шкале **1** на величину угла разворота самолета;
- отсчитать по шкале **2** искомое значение времени разворота на заданный угол.

3. Определение времени разворота самолета с заданным креном и скоростью разворота

Задача решается по формуле:

$$t_{360} = \frac{2\pi V}{g \cdot \operatorname{tg}\beta} = 0.177 \frac{V[\text{км/час}]}{\operatorname{tg}\beta}$$

Порядок решения (шкалы **4** и **5**):

- установить визирку по шкале **5** на деление, соответствующее скорости полета V в км/час;
- передвигая движок, подвести под визирку деление шкалы **4**, соответствующее углу крена β ;
- отсчитать по шкале **5** против деления, соответствующего 10° шкалы **4**, искомое время разворота самолета в сек.

4. Определение линейного упреждения разворота

Задача решается по формуле:

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


где:

ЛУР — линейное упреждение разворота;

R — радиус разворота;

УР — угол разворота.

Порядок решения (шкалы **4** и **5**):

- передвигая движок, установить индекс  против деления шкалы **5**, соответствующего величине радиуса разворота R ;
- поставить визирку по шкале **4** на деление, соответствующее половине угла разворота самолета $\frac{1}{2}УР$;
- отсчитать по визирке искомое значение линейного упреждения разворота ЛУР.

5. Расчет минимального расстояния для возможного погашения опоздания или избытка времени

Задача решается по формуле:

$$S_{\text{МИН}} = \frac{V \cdot V_{\text{МАКС.}}}{\Delta V} \cdot \Delta t$$

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;

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

Δt — 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;

- установить визирку по шкале **2** на деление, соответствующее значению $V_{\text{МАКС}}$;
- передвигая движок, подвести под визирку деление шкалы **2**, соответствующее значению ΔV ;
- перевести визирку на деление шкалы **2**, соответствующее значению Δt
- отсчитать по визирке на шкале **1** искомое значение $S_{\text{МИН}}$.

6. 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;

Δt — избыток времени;

t_{360} — время разворота на 360° ;

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 ;
- 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 .

7. Расчет времени встречи и догона самолетов

Задача решается по формулам

$$t_{\text{В}} = \frac{S_1}{V_1 + V_2} \quad t_{\text{Д}} = \frac{S}{\Delta V}$$

где:

$t_{\text{В}}$ — время встречи;


$t_{\text{Д}}$ — время догона;

S — расстояние между самолетами;

V_1 и V_2 — воздушные скорости самолетов;

ΔV — разность воздушных скоростей самолетов.

Порядок решения (шкалы **1** и **2**):

- передвигая движок, установить индекс  на деление шкалы **1**, соответствующее разности ΔV или сумме скоростей $V_1 + V_2$;
- установить визирку по шкале **1** на деление, соответствующее расстоянию между самолетами S ;
- отсчитать по визирке искомое время до-гона или встречи.