

**МОСКОВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ  
ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ  
ГРАЖДАНСКОЙ АВИАЦИИ**

---

**И.А. Чехов**

**ВОЗДУШНАЯ НАВИГАЦИЯ**

**ВЫПОЛНЕНИЕ НАВИГАЦИОННЫХ  
РАСЧЕТОВ**

**ПОСОБИЕ**

по проведению учебной практики

*для студентов I курса  
направления 25.03.03  
очной формы обучения*

**Москва-2016**



**ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО ВОЗДУШНОГО ТРАНСПОРТА**

**ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ  
БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ  
ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
«МОСКОВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ  
УНИВЕРСИТЕТ ГРАЖДАНСКОЙ АВИАЦИИ» (МГТУ ГА)**

---

**Кафедра управления воздушным движением  
И.А. Чехов**

## **ВОЗДУШНАЯ НАВИГАЦИЯ**

**ВЫПОЛНЕНИЕ НАВИГАЦИОННЫХ  
РАСЧЕТОВ**

**ПОСОБИЕ**

**по проведению учебной практики**

*для студентов I курса  
направления 25.03.03  
очной формы обучения*

**Москва-2016**

ББК 0571.5

Ч 56

Рецензент д-р техн. наук, профессор Е.Е. Нечаев

Чехов И.А.

Ч 56 Воздушная навигация. Выполнение навигационных расчетов: пособие по проведению учебной практики. – М.: МГТУ ГА, 2016. – 32 с.

Данное учебное пособие издается в соответствии с рабочей программой учебной вычислительной практики по учебному плану специальности 25.03.03 для студентов I курса очной формы обучения.

Рассмотрено и одобрено на заседаниях кафедры 11.11.2016 г. и методического совета 11.11.2016 г.

---

Подписано в печать 17.11.2016 г.

Печать офсетная  
1,86 усл.печ.л.

Формат 60x84/16  
Заказ № 124

1,57 уч.-изд. л.  
Тираж 50 экз.

---

Московский государственный технический университет ГА  
125993 Москва, Кронштадтский бульвар, д.20  
Редакционно-издательские услуги ООО «Имидж-студия Арина»  
127051 Москва, М. Сухаревская пл., д. 2/4 стр.1

## СОДЕРЖАНИЕ

<b>1. Навигационная линейка НЛ-10М ее назначение и устройство.....</b>	<b>4</b>
1.1. Шкалы навигационной линейки НЛ-10М.....	4
1.2. Значки и индексы, нанесенные на шкалы НЛ-10М.....	6
<b>2. Решение математических задач.....</b>	<b>8</b>
2.1. Умножение и деление чисел .....	8
2.2. Определение значений тригонометрических функций.....	9
2.3. Умножение и деление числа на тригонометрическую функцию .....	10
2.4. Извлечение квадратных корней из чисел и возведение их в квадрат.....	12
<b>3. Решение задач на перевод единиц измерения.....</b>	<b>13</b>
3.1. Перевод единиц измерения скоростей полета.....	13
3.2. Перевод единиц измерения расстояний.....	15
3.3. Перевод единиц измерения атмосферного давления .....	17
<b>4. Решение навигационных задач.....</b>	<b>18</b>
4.1. Расчет пройденного расстояния, путевой скорости и времени полета .....	18
4.2. Расчет вертикальной скорости набора высоты (снижения) .....	20
4.3. Расчет времени набора высоты (снижения) .....	21
4.4. Расчет элементов выполнения разворота .....	22
4.5. Определение длины дуги параллели .....	24
4.6. Определение поправки на угол схождения меридианов .....	24
4.7. Определение методической температурной поправки барометрического высотомера .....	25
<b>5. Решение навигационных задач в уме.....</b>	<b>27</b>
5.1. Перевод единиц измерения расстояний и скоростей полета.....	27
5.2. Расчет пройденного расстояния, путевой скорости и времени полета.....	29
5.3. Расчет радиуса и времени выполнения разворота.....	31
<b>Литература .....</b>	<b>32</b>

## 1. НАВИГАЦИОННАЯ ЛИНЕЙКА НЛ-10 ЕЕ НАЗНАЧЕНИЕ И УСТРОЙСТВО

Навигационная линейка НЛ-10М предназначена для выполнения различных навигационных расчетов с достаточной для практики точностью. Навигационная линейка отличается от обычной логарифмической линейки тем, что она приспособлена для решения навигационных задач.

Впервые в нашей стране навигационная счетная линейка с прямолинейными шкалами была предложена в 1923 г. конструктором В.Г. Немчиновым, а в 1927 г. штурман ВВС Черноморского флота Л.С. Попов сконструировал первую навигационную линейку.

С совершенствованием средств воздушной навигации совершенствовалась и линейка. Были созданы ее новые модификации (НЛ-7, 8, 9, 10) с дополнительными шкалами. Последняя модификация НЛ-10М содержит 18 шкал, из которых 17 расчетных и одна миллиметровая (измерительная) шкала.

Линейка имеет лицевую и обратную стороны. Состоит из основания (корпуса) (1), движка (2) и визирки (3) (рис. 1). Корпус линейки состоит из двух брусков, соединенных металлическими скрепами (4).

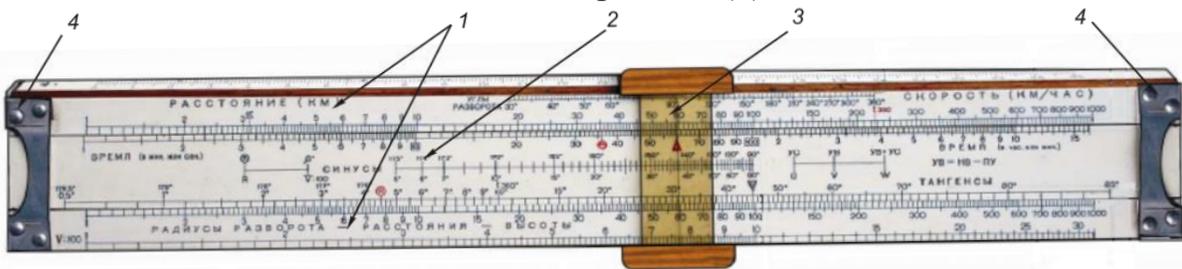


Рис. 1. Внешний вид навигационной линейки НЛ-10М

### Шкалы навигационной линейки НЛ-10М

Каждая шкала имеет название и номер, позволяющий легко на нее ссылаться.

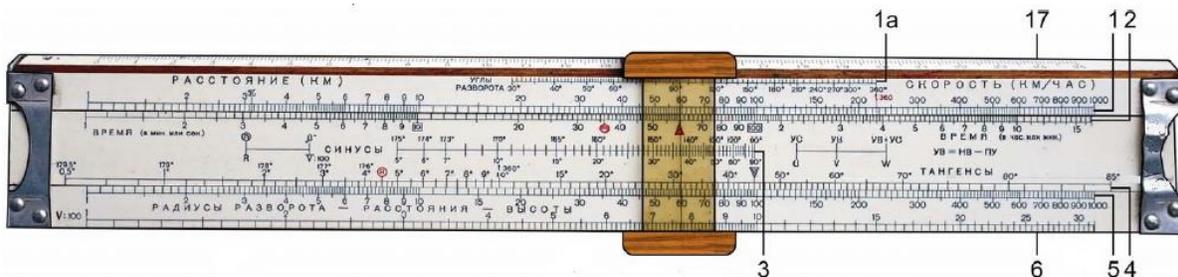


Рис. 2. Шкалы на лицевой стороне навигационной линейки НЛ-10М

- Шкала 1 – расстояние – скорость
- Шкала 1а – углы разворота
- Шкала 2 – время
- Шкала 3 – синусы
- Шкала 4 – тангенсы
- Шкала 5 – радиусы разворота – расстояния – высоты
- Шкала 6 – квадратных корней (из чисел шкалы 5)
- Шкала 17 – измерительная (миллиметровая)

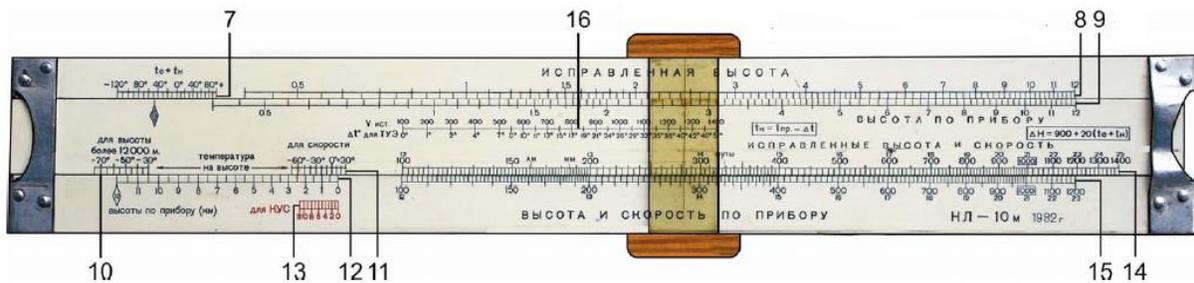


Рис. 3. Шкалы на обратной стороне навигационной линейки НЛ-10М

- Шкала 7 – сумма температур у земли и на высоте полета ( $t_0+t_H$ )
- Шкала 8 – исправленная высота
- Шкала 9 – высота по прибору
- Шкала 10 – температура воздуха для высот более 12000 м
- Шкала 11 – температура воздуха на высоте для расчета скорости
- Шкала 12 – высота по прибору (км)
- Шкала 13 – высота по прибору для КУС (красного цвета)
- Шкала 14 – исправленная высота и скорость
- Шкала 15 – высота и скорость по прибору
- Шкала 16 – поправки к показаниям термометра наружного воздуха типа

ТУЭ

Данные шкал приведены в табл.1.

Таблица 1

№ шкалы	Наименование (назначение) шкалы	Интервал шкалы	Цена деления по интервалу шкалы	
			МИН	МАКС
1	Расстояние (км) – скорость (км/ч)	1 ÷ 1000 км (км/ч)	0,1 км (км/ч)	20 км (км/ч)
1а.	Углы разворота	30 ÷ 360°	1°	10°

Продолжение таблицы №1

2.	Время (в мин или сек)	1 сек ÷ 16,6 мин	1/6 сек	0,5 мин
	Время (в мин или сек)	1 мин ÷ 16,6 час	10 сек	0,5 час
3.	Синусы	5 ÷ 90° (90 ÷ 175°)	1°	10°
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 <sub>0</sub> +t <sub>H</sub> )	+90 ÷ -120°	10°	10°
8.	Исправленная высота	400 ÷ 12000 м	50 м	200 м
9.	Высота по прибору	400 ÷ 12000 м	50 м	200 м
10.	Температура воздуха для высот более 12000 м	-30 ÷ -75°	5°	5°
11.	Температура воздуха на высоте для расчета скорости	+30 ÷ -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 ÷ 12 км	1 км	1 км
14.	Исправленная высота и скорость	12 ÷ 25 км 100 ÷ 1400 км/ч	20 м 2 км/ч	200 м 20 км/ч
15.	Высота и скорость по прибору	12 ÷ 23 км 100 ÷ 1200 км/ч	20 м 2 км/ч	200 м 20 км/ч
16.	Поправки к показаниям термометра наружного воздуха типа ТУЭ (Δt°)	0 ÷ 51°	1°	5°
17.	Измерительная (миллиметровая) шкала	0 ÷ 25 см	1 мм	1 мм

### Значки и индексы, нанесенные на шкалы НЛ-10М

На шкалах навигационной линейки нанесены значки и индексы, позволяющие упростить некоторые вычисления (табл.2).

Таблица 2

<b>π</b>	отношение длины окружности к диаметру, нанесен на шкале 1 и может использоваться для решения задач, связанных с определением длины окружности
<b>t<sub>360</sub></b>	нанесен красной краской на шкале 1, служит для определения времени разворота самолета на 360°

## Продолжение таблицы №2

	нанесен красной краской на шкале 2, служит для перевода скоростей выраженных в км/ч в м/с 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 мин или 1 час (60 сек или 1 мин)
	нанесены на шкале 2 используются как начальные или конечные штрихи шкалы
	нанесен красной краской на шкале 4 используется для решения задач по определению радиуса разворота самолета
	нанесен на шкале 4 и соответствует 45°
	нанесен на движке под шкалой 7 и служит для решения задач по определению показаний барометрических высотомеров в полете до высоты 12000 м
	нанесен на шкалу 12 и служит для решения задач по определению показаний барометрических высотомеров в полете для высот более 12000 м
	нанесен на шкалах 14 и 15, используется для умножения и деления чисел 
АМ, ММ	нанесены на шкалу 14, используются для перевода морских и английских миль в километры и обратно, соответствуют 1609 м и 1852 м
футы	нанесен на шкалу 14, используется для перевода футов в метры и обратно (3,28)

## 2. РЕШЕНИЕ МАТЕМАТИЧЕСКИХ ЗАДАЧ

Навигационная линейка НЛ-10М позволяет умножать и делить числа; определять значения тригонометрических функций; умножать и делить числа на тригонометрические функции; извлекать квадратные корни из чисел и возводить числа в квадрат.

### Умножение и деление чисел

Для умножения и деления чисел возможно использовать шкалы 1 и 2 или 5 и 2, а также шкалы 14 и 15. На практике чаще всего для этого используются шкалы 1 и 2, на которых в основном решаются специальные задачи, или 14 и 15, имеющие деления с большим масштабом, и потому на них умножение и деление чисел можно выполнять с бóльшей точностью.

Для умножения чисел по шкалам 1 и 2 необходимо прямоугольный индекс  $\boxed{10}$  или  $\boxed{100}$  шкалы 2 установить на множимое  $a$ , а напротив множителя  $b$  отсчитать по шкале 1 искомое произведение  $c$ . Ключ для умножения чисел показан на рис. 4. Необходимо помнить, что при отсчетах или установках по шкалам искомые или заданные числа можно увеличивать или уменьшать в 10, 100 и т. д. раз. Число знаков произведения определяют приблизительно в уме (методом грубой прикидки) или по правилам умножения чисел на логарифмической линейке.

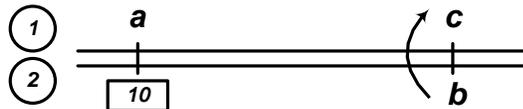


Рис. 4 Умножение чисел на шкалах 1 и 2

При умножении по шкалам 14 и 15, передвигая движок, установить деление 100 или индекс  $\boxed{1000}$  на деление шкалы 15, соответствующее множимому  $a$ ; затем установить визирку по шкале 14 на деление, соответствующее множителю  $b$  и отсчитать по визирке на шкале 15 искомое произведение  $c$  (рис. 5).

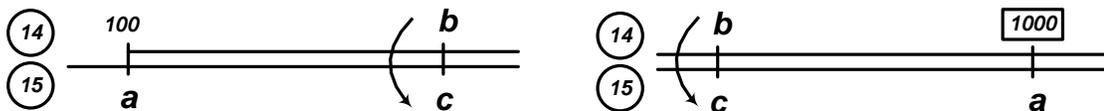


Рис. 5 Умножение чисел на шкалах 14 и 15

Для деления чисел необходимо делитель  $b$ , взятый по шкале 2, установить против делимого  $a$  по шкале 1 и против прямоугольного индекса  $\boxed{10}$  или  $\boxed{100}$  отсчитать по шкале 1 полученное частное  $c$  (рис. 6).



Рис. 6 Деление чисел на шкалах 1 и 2

Выполняя деления с использованием шкалы 14 и 15, необходимо установить визирку по шкале 15 на деление, соответствующее делимому  $a$ , передвигая движок, подвести под визирку деление шкалы 14, соответствующее делителю  $b$  и отсчитать по шкале 15 против деления 100 или  $\boxed{1000}$  искомое частное  $c$  (рис. 7).

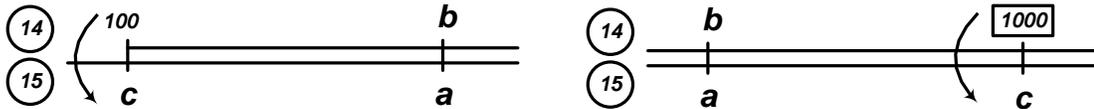


Рис. 7 Деление чисел на шкалах 14 и 15

### Определение значений тригонометрических функций

Значения синуса и косинуса угла на НЛ-10М определяются по шкалам 3 и 5, а значения тангенса и котангенса – по шкалам 4 и 5. Необходимым условием для определения синуса, косинуса, тангенса и котангенса заданного угла  $\alpha$  является установка деления  $90^\circ$  шкалы 3 или треугольного индекса шкалы 4  $\nabla$  на деление 100 шкалы 5. Далее необходимо установить визирку по шкале 4 на деление, соответствующее заданному углу  $\alpha$ , если находится тангенс, или по шкале 3, если находится синус угла и отсчитать по визирке на шкале 5 искомое значение синуса или тангенса угла (рис. 8).

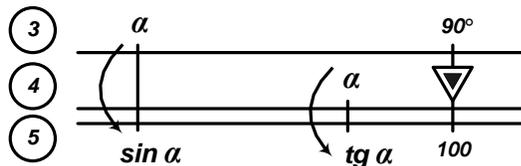


Рис. 8 Определение значений тригонометрических функций  $\sin$  и  $\operatorname{tg}$

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 (рис. 9).

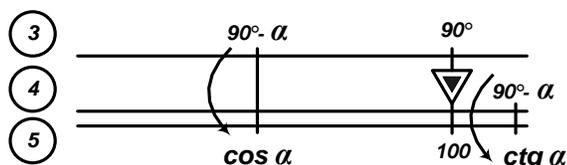


Рис. 9 Определение значений тригонометрических функций  $\cos$  и  $\text{ctg}$

Примеры: 1) Дан угол  $\alpha=42^\circ$ . Определить  $\sin$ ,  $\cos$ ,  $\text{tg}$  и  $\text{ctg}$  данного угла.

Ответ:  $\sin 42^\circ = 0,67$ ;  $\cos 42^\circ = 0,74$ ;  $\text{tg } 42^\circ = 0,9$ ;  $\text{ctg } 42^\circ = 1,11$ .

2) Дан угол  $\alpha=35^\circ$ . Определить  $\sin$ ,  $\cos$ ,  $\text{tg}$  и  $\text{ctg}$  данного угла.

Ответ:  $\sin 35^\circ = 0,57$ ;  $\cos 35^\circ = 0,82$ ;  $\text{tg } 35^\circ = 0,7$ ;  $\text{ctg } 35^\circ = 1,43$ .

### Умножение и деление числа на тригонометрическую функцию

а) Умножение числа на синус и косинус угла  $\alpha$

$$a = c \cdot \sin \alpha; b = c \cdot \cos \alpha.$$

Для умножения данного числа  $c$  на синус или косинус угла  $\alpha$  необходимо  $90^\circ$  шкалы 3 или треугольный индекс  $\nabla$  шкалы 4 установить на значение данного числа  $c$ , взятого по шкале 5, а против угла  $\alpha$  шкалы 3 отсчитать по шкале 5 произведение числа на синус угла –  $a$ . Произведение угла на косинус угла –  $b$  отсчитывается напротив угла  $(90^\circ - \alpha)$ , взятого тоже по шкале 3. Для отсчета пользуются риской визирки (рис. 10).

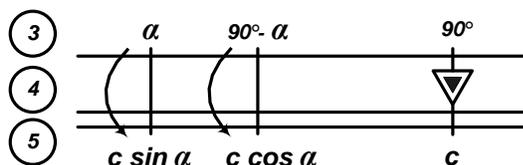


Рис. 10 Умножение числа на тригонометрическую функцию  $\sin$  или  $\cos$

б) Умножение числа на тангенс и котангенс угла  $\alpha$

$$d = c \text{ tg } \alpha; f = c \cdot \text{ctg } \alpha.$$

Для умножения данного числа  $c$  на тангенс или котангенс угла  $\alpha$  необходимо треугольный индекс  $\nabla$  шкалы 4 установить на значение данного числа  $c$ , взятого по шкале 5, а против угла  $\alpha$  шкалы 4 отсчитать по шкале 5 произведение числа на тангенс угла –  $d$ . Произведение угла на котангенс угла –  $f$  отсчитывается напротив угла  $(90^\circ - \alpha)$ , взятого тоже по шкале 4 (рис. 11).

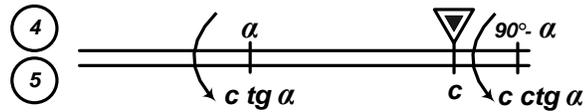


Рис. 11 Умножение числа на тригонометрическую функцию  $\text{tg}$  или  $\text{ctg}$

Для снятия отсчета также пользуются рискной визирки.

Примеры: 1) Дан угол  $\alpha=40^\circ$ , число  $c = 150$ . Определить произведение числа на  $\sin$ ,  $\cos$ ,  $\text{tg}$  и  $\text{ctg}$  данного угла.

Ответ:  $150 \sin 40^\circ = 97$ ;  $150 \cos 40^\circ = 115$ ;  $150 \text{tg} 40^\circ = 126$ ;  $150 \text{ctg} 40^\circ = 179$ .

2) Дан угол  $\alpha=25^\circ$ , число  $c = 260$ . Определить произведение числа на  $\sin$ ,  $\cos$ ,  $\text{tg}$  и  $\text{ctg}$  данного угла.

Ответ:  $260 \sin 25^\circ = 110$ ;  $260 \cos 25^\circ = 236$ ;  $260 \text{tg} 25^\circ = 121$ ;  $260 \text{ctg} 25^\circ = 558$ .

в) Деление числа  $c$  на тригонометрические функции углов производится на тех же шкалах, что и умножение.

Деление числа на синус и тангенс угла  $\alpha$

$$a = \frac{c}{\sin \alpha}; b = \frac{c}{\text{tg} \alpha},$$

Для этого необходимо установить визирку по шкале 5 на деление, соответствующее заданному числу  $c$  (рис. 12), затем передвигая движок, подвести под визирку деление шкалы 4, если число делится на тангенс, или шкалы 3, если число делится на синус, соответствующее заданному углу  $\alpha$  и отсчитать по шкале 5 против треугольного индекса  $\nabla$  искомое частное,  $a$  или  $b$  соответственно.

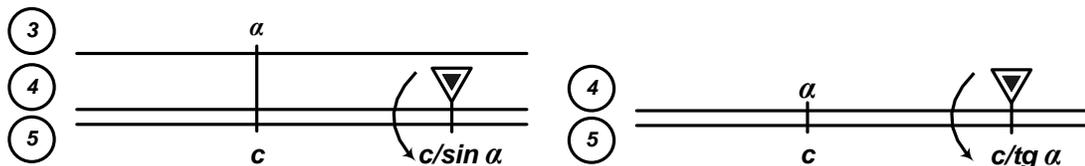


Рис. 12 Деление числа на тригонометрическую функцию  $\sin$  или  $\text{tg}$

Деление числа на косинус и котангенс угла  $\alpha$

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

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

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

$$f = \frac{c}{\operatorname{ctg} \alpha} = c \cdot \operatorname{tg} \alpha ,$$

Порядок решения таких задач рассмотрен выше.

Примеры: 1) Дан угол  $\alpha=40^\circ$ , число  $c = 150$ . Определить частное от деления числа на  $\sin$ ,  $\cos$ ,  $\operatorname{tg}$  и  $\operatorname{ctg}$  данного угла.

Ответ:  $150:\sin 40^\circ = 233$ ;  $150:\cos 40^\circ = 196$ ;  $150:\operatorname{tg} 40^\circ = 179$ ;  $150:\operatorname{ctg} 40^\circ = 126$ .

2) Дан угол  $\alpha=25^\circ$ , число  $c = 260$ . Определить частное от деления числа на  $\sin$ ,  $\cos$ ,  $\operatorname{tg}$  и  $\operatorname{ctg}$  данного угла.

Ответ:  $260:\sin 25^\circ = 615$ ;  $260:\cos 25^\circ = 287$ ;  $260:\operatorname{tg} 25^\circ = 558$ ;  $260:\operatorname{ctg} 25^\circ = 121$ .

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

Действия выполняются на шкалах 5 и 6. Для чего установить визирку по шкале 6 на деление, соответствующее основанию степени, или по шкале 5 – на деление, соответствующее степени числа (рис. 13); отсчитать по визирке на шкале 5 искомое значение степени (квадрата числа) или по шкале 6 значение основания (корня квадратного из числа).

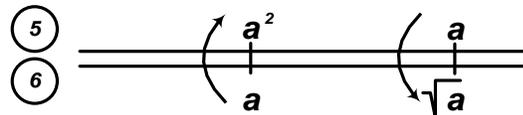


Рис. 13 Извлечение квадратного корня из числа и возведение числа в квадрат

Возведение чисел в квадрат можно производить простым умножением числа на то же число по шкалам 1 и 2 или 14 и 15.

Примеры: 1) Дано число  $c = 9,8$ . Найти  $c^2$ . Ответ:  $c^2 = 96$

2) Дано число  $c = 12$ . Найти  $c^2$ . Ответ:  $c^2 = 144$

3) Дано число  $c = 121$ . Найти  $\sqrt{121}$ . Ответ:  $\sqrt{121} = 11$

4) Дано число  $c = 55$ . Найти  $\sqrt{55}$ . Ответ:  $\sqrt{55} = 7,4$

### 3. РЕШЕНИЕ ЗАДАЧ НА ПЕРЕВОД ЕДИНИЦ ИЗМЕРЕНИЯ

Экипажи воздушных судов при передаче сообщений наземным станциям должны применять единицы измерений, опубликованные для той наземной станции, которой адресуется информация. При этом международные стандарты предусматривают допущение, если экипаж извещает о временной невозможности пользования опубликованной таблицей, при котором наземная станция должна передавать информацию в тех единицах, которые запрашивает экипаж воздушного судна. Такое допущение введено для случаев временной невозможности пользоваться опубликованными таблицами из-за отсутствия на борту воздушного судна пересчетных таблиц или несоответствия самолетного оборудования для пользования опубликованными единицами измерения. Таким образом, на практике приходится переходить от одних единиц измерения к другим и знать переводные коэффициенты между различными величинами. Рассмотрим наиболее часто встречающиеся соотношения, необходимые в работе специалистов УВД.

#### Перевод скорости, выраженной в метрах в секунду, в скорость, выраженную в километрах в час, и обратно

Такая операция осуществляется по формулам:

$$V \text{ [км/ч]} = V \text{ [м/с]} \cdot 3,6;$$

$$V \text{ [м/с]} = V \text{ [км/ч]} / 3,6.$$

Для вычислений по этим формулам на НЛ-10М используются шкалы 1 и 2. Чтобы перевести скорость, выраженную в метрах в секунду, в скорость, выраженную в километрах в час, необходимо прямоугольный индекс 10 шкалы 2 установить на деление шкалы 1, соответствующее скорости в метрах в секунду, и против круглого индекса  шкалы 2 отсчитать на шкале 1 искомое значение скорости в километрах в час (рис. 14).

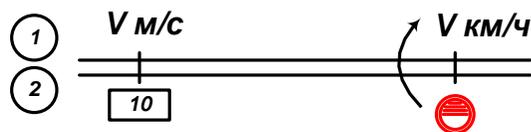


Рис.14 Перевод скорости, выраженной в метрах в секунду, в скорость, выраженную в километрах в час

Для перевода скорости, выраженной в километрах в час, в скорость, выраженную в метрах в секунду, необходимо круглый индекс  шкалы 2 установить на деление шкалы 1, соответствующее заданной скорости в

километрах в час, и против прямоугольного индекса  $\boxed{10}$  отсчитать по шкале 1 искомое значение скорости в метрах в секунду (рис. 15).

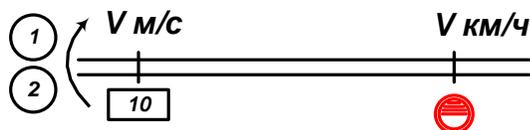


Рис.15 Перевод скорости, выраженной в километрах в час, в скорость, выраженную в метрах в секунду

Примеры: 1)  $V = 100$  м/с. Перевести в километры в час. Ответ:  $V = 360$  км/ч  
2)  $V = 760$  км/ч. Перевести в метры в секунды. Ответ:  $V = 211$  м/с

### Перевод скорости, выраженной в километрах в час, в скорость, выраженную в узлах, и обратно

Перевод скорости, выраженной в километрах в час, в скорость, выраженную в узлах [kt] и обратно производится по формулам:

$$V [\text{kt}] = V [\text{км/ч}] / 1,852;$$

$$V [\text{км/ч}] = V [\text{kt}] \cdot 1,852.$$

Для перевода скорости, выраженной в километрах в час, в скорость, выраженную в узлах, необходимо индекс **MM** шкалы 14 установить по шкале 15 на значение скорости, выраженную в километрах в час, а против деления 100 или прямоугольного индекса  $\boxed{1000}$  шкалы 14 отсчитать по шкале 15 значение скорости в узлах (рис. 16).

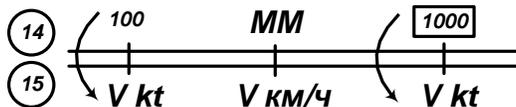


Рис.16 Перевод скорости, выраженной в километрах в час, в скорость, выраженную в узлах

Чтобы перевести скорость, выраженную в узлах, в скорость, выраженную в километрах в час, на НЛ-10М необходимо деление 100 или прямоугольный индекс  $\boxed{1000}$  шкалы 14 установить на значение скорости в узлах по шкале 15 и соответственно против индекса **MM** отсчитать по шкале 15 искомое значение скорости в километрах в час (рис. 17).

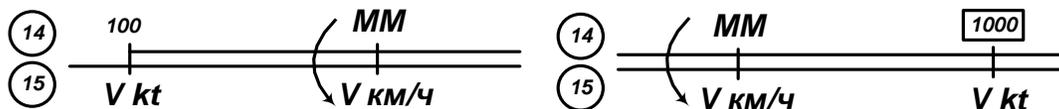


Рис.17 Перевод скорости, выраженной в узлах, в скорость, выраженную в километрах в час

- Примеры: 1)  $V = 300 \text{ kt}$ . Перевести в километры в час. Ответ:  $V = 555 \text{ км/ч}$   
 2)  $V = 800 \text{ км/ч}$ . Перевести в узлы. Ответ:  $V = 432 \text{ kt}$

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

Перевод морских (nm) и английских (am) миль в километры и обратно производится по формулам:

$$S [\text{км}] = S [\text{nm}] \cdot 1,852; \quad S [\text{км}] = S [\text{am}] \cdot 1,609;$$

$$S [\text{nm}] = S [\text{км}] / 1,852; \quad S [\text{am}] = S [\text{км}] / 1,609.$$

В настоящее время на практике гораздо чаще приходится иметь дело с расстоянием, выраженном в морских милях и как оно соотносится с расстоянием, выраженном в километрах, поэтому рассмотрим перевод морских миль (nm) в километры и обратно.

Чтобы перевести морские мили в километры, на НЛ-10М необходимо деление 100 или прямоугольный индекс  $\boxed{1000}$  шкалы 14 установить на число морских миль по шкале 15 и соответственно против индекса **ММ** отсчитать по шкале 15 километры (рис. 18).

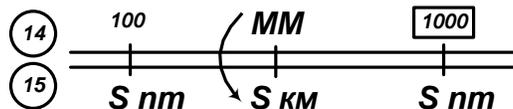


Рис.18 Перевод морских миль в километры

Для перевода километров в морские мили необходимо индекс **ММ** шкалы 14 установить по шкале 15 на данное число километров, а против деления 100 или прямоугольного индекса  $\boxed{1000}$  шкалы 14 отсчитать по шкале 15 число морских миль (рис. 19).

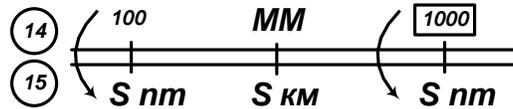


Рис.19 Перевод километров в морские мили

- Примеры. 1)  $S = 180 \text{ nm}$ . Перевести в километры. Ответ:  $S = 333 \text{ км}$ .  
 2)  $S = 350 \text{ км}$ . Перевести в морские мили. Ответ:  $S = 189 \text{ nm}$ .

Перевод английских миль (am) в километры и обратно производится аналогично, только с использованием индекса **АМ**, находящегося на шкале 14.

### Перевод футов в метры и обратно

Футы переводятся в метры, а метры в футы по формулам:

$$H [\text{м}] = H [\text{ft}] / 3,28;$$

$$H [\text{ft}] = H [\text{м}] \cdot 3,28.$$

Чтобы перевести футы в метры, необходимо индекс **ФУТЫ** шкалы 14 установить против числа футов по шкале 15, а против деления 100 или индекса **1000** шкалы 14 отсчитать число метров по шкале 15 (рис. 20).

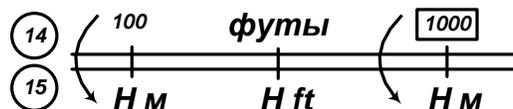


Рис.20 Перевод футов в метры

При переводе метров в футы необходимо деление 100 или прямоугольный индекс **1000** шкалы 14 установить на число метров шкалы 15 и против индекса **ФУТЫ** отсчитать число футов по шкале 15 (рис. 21). Выбор деления 100 или индекса **1000** производится так, чтобы против индекса **ФУТЫ** мы могли снять отсчет по шкале 15.

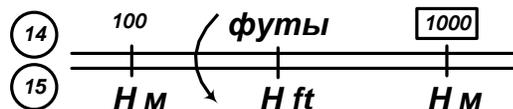


Рис.21 Перевод метров в футы

- Примеры 1)  $H = 24000 \text{ ft}$ . Перевести в метры. Ответ:  $H = 7320 \text{ м}$ .  
 2)  $H = 2000 \text{ м}$ . Перевести в футы. Ответ:  $H = 6560 \text{ ft}$ .

## Перевод атмосферного давления, выраженного в миллиметрах ртутного столба, в миллибары и обратно

Для указанных единиц выполняются следующие зависимости:

$$1 \text{ мм.рт.ст.} = 1,33 \text{ мбар} = \frac{4}{3} \text{ мбар};$$

$$1 \text{ мбар} = 0,75 \text{ мм.рт.ст.} = \frac{3}{4} \text{ мм.рт.ст.}$$

При переводе атмосферного давления, выраженного в миллиметрах ртутного столба, в миллибары необходимо деление 300 шкалы 14 установить на значение давления в миллиметрах ртутного столба по шкале 15, а против деления 400 шкалы 14 по шкале 15 отсчитать значение давления в миллибары (рис. 22).

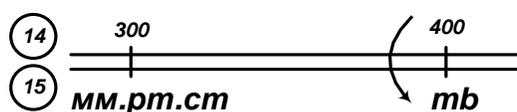


Рис.22 Перевод атмосферного давления, выраженного в миллиметрах ртутного столба, в миллибары

Для перевода давления из миллибаров в миллиметры ртутного столба следует деление 400 шкалы 14 установить на значение давления в миллибары по шкале 15, а против деления 300 шкалы 14 по шкале 15 отсчитать значение давления в миллиметрах ртутного столба (рис. 23).



Рис.23 Перевод атмосферного давления, выраженного в миллибары, в миллиметры ртутного столба

Примеры 1)  $p = 755 \text{ мм.рт.ст.}$  Перевести в мбар. Ответ:  $p = 1007 \text{ мбар.}$

2)  $p = 980 \text{ мбар.}$  Перевести в мм.рт.ст. Ответ:  $p = 735 \text{ мм.рт.ст.}$

#### 4. РЕШЕНИЕ НАВИГАЦИОННЫХ ЗАДАЧ

В практической работе специалистов УВД встречается ряд задач, связанных с определением навигационных элементов полета, элементов маневрирования и различных поправок, решение которых значительно упрощает применение навигационной линейки НЛ-10М. Рассмотрим наиболее характерные из них.

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

Путевая скорость определяется по формуле:

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

где  $W$  – путевая скорость в км/ч (м/с);

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

$t$  – время полета в час., мин. (с).

Для решения задачи необходимо установить визирку по шкале 1 на деление, соответствующее пройденному расстоянию, подвести под визирку деление шкалы 2, соответствующее времени полета и отсчитать по шкале 1 против индекса  $\triangle$ , искомую путевую скорость в километрах в час (рис. 24).

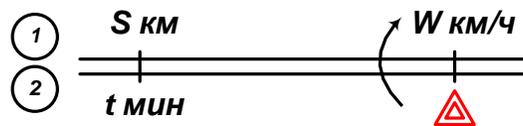


Рис.24 Расчет путевой скорости

Примеры: 1) Дано:  $S = 50$  км;  $t = 7$  мин. 30 с. Ответ:  $W = 400$  км/ч

2) Дано:  $S = 14$  км;  $t = 1$  мин 10 с. Ответ:  $W = 720$  км/ч.

Если расстояние выражено в метрах, а время полета измерено в секундах, то значения путевой скорости, выраженное в километрах в час, необходимо отсчитывать против индекса  $\ominus$ .

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

Для определения пройденного расстояния используем формулу:  $S = W \cdot t$ .

Порядок решения в этом случае следующий: передвинуть движок, установив индекс  $\triangle$  против деления шкалы 1, соответствующего путевой скорости в км/час, после чего установить риску визирки по шкале 2 на деление, соответствующее времени полета, и по шкале 1 найти искомое расстояние в км (рис. 25).

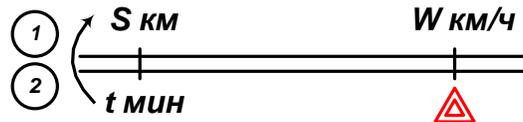


Рис.25 Расчет пройденного расстояния

Примеры: 1) Дано:  $W = 710$  км/час;  $t = 9$  мин. 15 сек. Ответ:  $S = 110$  км.  
2) Дано:  $W = 360$  км/час;  $t = 5$  мин. Ответ:  $S = 30$  км.

Если время полета измерено в секундах, то против значения путевой скорости, выраженной в километрах в час, необходимо устанавливать индекс  $\ominus$  расстояние в этом случае будет выражено в метрах.

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

Время полета вычисляется по известной формуле:

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

Для решения используем шкалы 1 и 2, для чего следует передвинуть движок, установив индекс  $\triangle$  против деления шкалы 1, соответствующего путевой скорости, установить визирку по шкале 1 на деление, соответствующее пройденному расстоянию в километрах, а по шкале 2 отсчитать искомое время полета (рис. 26).

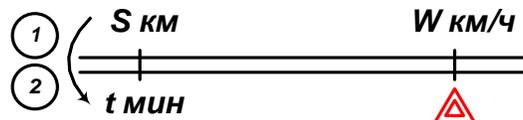


Рис.26 Расчет времени полета

Примеры: 1) Дано:  $S = 200$  км;  $W = 545$  км/час. Ответ:  $t = 22$  мин.  
2) Дано:  $S = 100$  км;  $W = 680$  км/час. Ответ:  $t = 8$  мин 50 с.

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

### Расчет вертикальной скорости набора высоты (снижения)

Вертикальная скорость набора (снижения) определяется по формуле:

$$V_B = \frac{H_{\text{наб(сн)}}}{t_{\text{наб(сн)}}$$

где  $H_{\text{наб(сн)}}$  – высота набора (снижения);

$t_{\text{наб(сн)}}$  – время набора высоты (снижения).

Для расчета вертикальной скорости необходимо время набора (снижения), взятое по шкале 2, подвести под высоту набора (снижения), взятую по шкале 1, и против прямоугольного индекса  шкалы 2 отсчитать по шкале 1 вертикальную скорость (рис. 27). Этим ключом можно пользоваться, когда время набора (снижения) не превышает 16,6 мин.

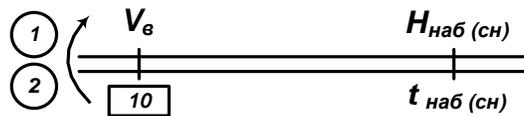


Рис.27 Расчет вертикальной скорости набора высоты (снижения)

( $t_{\text{наб(сн)}} \leq 16,6$  мин)

Если время набора (снижения) превышает 16,6 мин, то используют следующий ключ (рис.28). В этом случае прямоугольный индекс  подводят под время набора (снижения), взятое по шкале 1, а против высоты набора (снижения), взятой по шкале 1, отсчитывают вертикальную скорость по шкале 2.

При этом необходимо помнить, что 1 час шкалы 2 (треугольный индекс ) соответствует вертикальной скорости 1 м/с, 2 часа – 2 м/с и т. д.

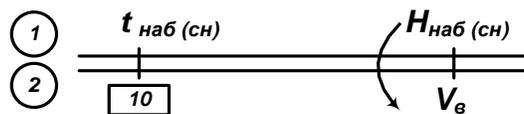


Рис.28 Расчет вертикальной скорости набора высоты (снижения)

( $t_{\text{наб(сн)}} > 16,6$  мин)

Примеры. 1.  $H_{наб} = 3600$  м;  $t_{наб} = 10$  мин. Определить вертикальную скорость набора высоты. Ответ:  $V_v = 6$  м/с.

2.  $H_{сн} = 6000$  м;  $t_{сн} = 20$  мин. Определить вертикальную скорость снижения. Ответ:  $V_v = 5$  м/с.

### Расчет времени набора высоты (снижения)

Время набора высоты и снижения определяют по формуле:

$$t_{наб(сн)} = \frac{H_{наб(сн)}}{V_v},$$

Расчет выполняют, используя шкалы 1 и 2, в следующем порядке: Если вертикальная скорость меньше 16,6 метров в секунду, то вертикальную скорость, взятую по шкале 2, подвести под высоту набора (снижения), взятую по шкале 1, а против прямоугольного индекса  $\boxed{10}$  шкалы 2 отсчитать по шкале 1 время набора (снижения) (рис. 29).

При этом необходимо помнить, что шкалы 1 и 2 в первом и третьем интервале (1 – 10 и 100 – 1000) имеют разную цену делений, что важно учитывать при снятии отсчета времени по шкале 1.

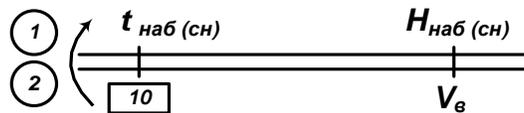


Рис.29 Расчет времени набора высоты (снижения) ( $V_v \leq 16,6$  м/с)

Если вертикальная скорость больше 16,6 метров в секунду, тогда необходимо прямоугольный индекс  $\boxed{10}$  шкалы 2 подвести под вертикальную скорость, взятую по шкале 1, а против высоты набора (снижения), взятую по шкале 1, отсчитать по шкале 2 время набора (снижения) (рис. 30)

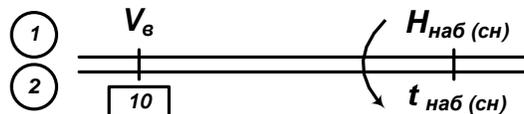


Рис.30 Расчет времени набора высоты (снижения) ( $V_v > 16,6$  м/с)

Примеры. 1)  $H_{наб} = 5400$  м;  $V_в = 6$  м/с. Определить время набора высоты.  
 Ответ:  $t_{наб} = 15$  мин.

2)  $H_{сн} = 5000$  м;  $V_в = 20$  м/с. Определить время снижения.  
 Ответ:  $t_{сн} = 4$  мин 10 с.

### Расчет элементов выполнения разворота

а) Расчет радиуса разворота.

Радиус разворота рассчитывается по формуле:

$$R = \frac{V^2}{g \operatorname{tg} \beta}, \quad (1)$$

где  $R$  – радиус разворота самолета в м;

$V$  – истинная воздушная скорость самолета в м/с;

$g$  – ускорение свободного падения, равное  $9,81 \text{ м/с}^2$ ;

$\beta$  – угол крена при развороте, град.

Для определения радиуса разворота используются шкалы 4, 5 и 6. Необходимо установить визирку по шкале 6 на деление, соответствующее скорости полета самолета  $V:100$  в км/ч, затем передвигая движок, подвести под визирку деление шкалы 4, соответствующее углу крена самолета, а по шкале 5 против индекса  $\textcircled{R}$  отсчитать искомое значение радиуса разворота самолета  $R$  в км или м. Ключ для решения этой задачи помещен на движке линейки (рис.31).

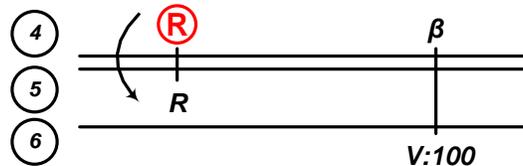


Рис.31 Расчет радиуса разворота

Примеры. 1) Дано:  $V = 650$  км/ч;  $\beta = 15^\circ$ . Ответ:  $R = 12,4$  км

2) Дано:  $V = 230$  км/ч;  $\beta = 30^\circ$ . Ответ:  $R = 720$  м.

б) Расчет времени выполнения разворота.

Время выполнения разворота на  $360^\circ$  и на заданный угол разворота (УР) определяется по формулам:

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

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

где  $\pi = 3,1415926$ ;

$R$  – радиус разворота в км или м;

$V$  – скорость разворота в км/ч или м/с;

УР – угол разворота самолета.

Для решения этих формул на НЛ–10М (рис. 32) необходимо значение радиуса разворота на шкале 2 подвести под значение  $V : 100$  на шкале 1 и против индекса  $t_{360}$  шкалы 1 отсчитать по шкале 2 время разворота на  $360^\circ$ , а против заданного УР, взятого по шкале 1а, – время разворота на заданный угол.

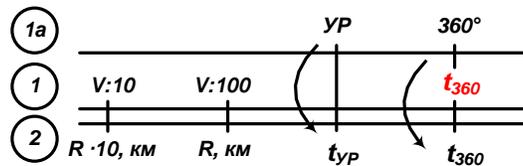


Рис.32 Расчет времени выполнения разворота

Примеры 1) Дано:  $V = 700$  км/ч;  $R = 8,5$  км. Ответ:  $t_{360} = 4$  мин. 35 с.

2) Дано:  $V = 450$  км/ч;  $R = 6,5$  км. Ответ:  $t_{360} = 5$  мин. 26 с.

При выполнении вычислений необходимо учитывать, что при радиусе разворота до 10 км скорость необходимо уменьшать в 10 раз и устанавливать на втором интервале шкалы 1; радиус разворота увеличивать в 10 раз и устанавливать на втором интервале шкалы 2. При радиусе разворота более 10 км скорость необходимо уменьшать в 100 раз и устанавливать на первом интервале шкалы 1, а радиус разворота в км устанавливать на первом интервале шкалы 2.

в) Расчет линейного упреждения разворота (ЛУР).

Линейное упреждение разворота определяется по формуле:

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

где ЛУР – линейное упреждение разворота;

$R$  – радиус разворота;

УР – угол разворота.

Для расчета ЛУР необходимо, передвигая движок, установить индекс  $\nabla$  против деления шкалы 5, соответствующего величине радиуса разворота, поставить визирку по шкале 4 на деление, соответствующее половине угла разворота самолета  $УР/2$  и против него по шкале 5 отсчитать искомое значение ЛУР (рис. 33).

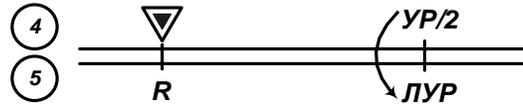


Рис.33 Расчет ЛУР

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

### Определение длины дуги параллели

Для нахождения длины дуги параллели используют формулу:  $l_{\text{пар}} = l_{\text{экв}} \cos \varphi$ .

На НЛ-10М треугольный индекс  $\nabla$  шкалы 4 устанавливают на значение длины дуги экватора по шкале 5, затем, передвигая визирку, устанавливают ее риску на значение угла  $(90^\circ - \varphi)$  по шкале 3 и против нее отсчитывают по шкале 5 длину дуги параллели (рис.34).

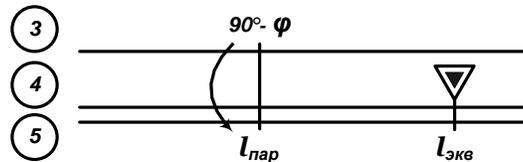


Рис.34 Определение длины дуги параллели

Пример. Дано: Дуга параллели  $4^\circ$ , широта параллели  $\varphi = 55^\circ$ . Определить длину дуги параллели в километрах.

Ответ: 1)  $l_{\text{экв}} = 111,2 \text{ км} \cdot 4 = 444,8 \text{ км}$ ; 2)  $l_{\text{пар}} = 255 \text{ км}$ .

### Определение поправки на угол схождения меридианов

В практике воздушной навигации приходится учитывать поправку на угол схождения меридианов, которая зависит от разности долгот заданных меридианов и средней широты листа карты.

Для карт видоизмененной поликонической проекции поправку на угол схождения меридианов определяют по формуле:

$$\sigma = \Delta\lambda \cdot \sin\varphi_{\text{ср}},$$

где  $\Delta\lambda$  – разность долгот;

$\varphi_{\text{ср}}$  – средняя широта данного листа карты.

Для определения данной поправки треугольный индекс  $\nabla$  шкалы 4 устанавливают на значение разности долгот заданных меридианов по шкале 5, затем риску визирки устанавливают на значение средней широты листа карты по шкале 3 и против нее отсчитывают по шкале 5 поправку на угол схождения меридианов (рис.35).

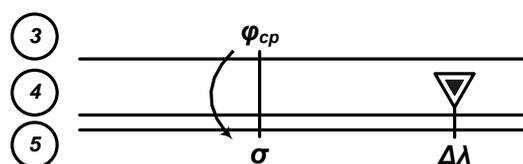


Рис.35 Определение поправки на угол схождения меридианов

Пример. Дано: Разность долгот  $\Delta\lambda = 5^\circ$ ; средняя широта карты  $\varphi_{\text{ср}} = 37^\circ$ .  
Определить поправку на угол схождения меридианов.

Ответ:  $\sigma = 3^\circ$ . Знак поправки зависит от знака разности долгот.

### Определение методической температурной поправки барометрического высотомера

Температурную поправку определяют по формуле:

$$\Delta H_t = (t_0 - 15^\circ) \cdot H / 300,$$

где  $t_0$  – минимальная температура воздуха по маршруту (участку) полета;

$H$  – абсолютная высота полета.

Для расчета поправки необходимо деление 30 шкалы 2 установить против значения абсолютной высоты по шкале 1, затем риску визирки установить против разности  $(\pm t_0 - 15^\circ)$ , взятой по шкале 2, и против нее отсчитать поправку  $\Delta H_t$  по шкале 1 (рис.36).

Необходимо помнить, что если  $t_0$  ниже  $+15^\circ$ , то знак поправки отрицательный.

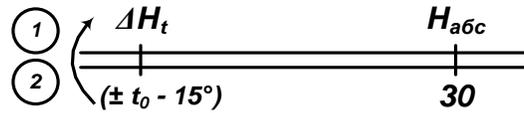


Рис.36 Определение методической температурной поправки барометрического высотомера

Пример. Дано:  $H_{абс} = 375$  м;  $t_0 = -5^\circ$ . Определить  $\Delta H_t$

Решение. 1. Вычисляем отклонение фактической температуры от стандартной:  $t_0 - 15^\circ = -5^\circ - 15^\circ = -20^\circ$ .

2. Находим  $\Delta H_t = -25$  м.

## 5. РЕШЕНИЕ НАВИГАЦИОННЫХ ЗАДАЧ В УМЕ

В сложной и быстроменяющейся аэронавигационной обстановке специалисты УВД не всегда имеют достаточно времени, чтобы произвести точное определение интересующего параметра с помощью измерительных инструментов или произвести необходимые расчеты с применением различных вычислительных устройств, поэтому необходимо имеет навык выполнения приближенных расчетов в уме, что может предупредить от грубых ошибок.

Твердые навыки в выполнении приближенных расчетов в уме позволяют осуществить оценку аэронавигационной обстановки в кратчайшие сроки и обеспечить правильные действия в условиях острого дефицита времени с достаточной для практики точностью.

### Перевод единиц измерения расстояний и скоростей полета

а) Перевод расстояния, выраженного в морских милях (nm), в километры и наоборот.

Для определения расстояния в морских милях, необходимо расстояние в километрах разделить на 2 и прибавить 1/10 результата деления

$$S [\text{nm}] = \frac{S [\text{км}]}{2} + \frac{1}{10} \cdot \frac{S [\text{км}]}{2}.$$

Примеры 1) Дано:  $S = 70$  км. Ответ:  $S = 38,5$  nm.

2) Дано:  $S = 46$  км. Ответ:  $S = 25$  nm.

При переводе расстояния из морских миль в километры, число морских миль умножают на 2 и вычитают 1/10 результата умножения.

$$S [\text{км}] = S [\text{nm}] \cdot 2 - \frac{1}{10} \cdot (S [\text{nm}] \cdot 2).$$

Примеры 1) Дано:  $S = 50$  nm. Ответ:  $S = 90$  км.

2) Дано:  $S = 15$  nm. Ответ:  $S = 27$  км.

Погрешность метода не более 2%.

б) Перевод высоты полета, выраженной в футах (ft), в метры и наоборот.

Для перевода высоты полета, выраженной в футах, в метры необходимо число футов разделить на 10 и полученный результат умножить на 3.

$$H [\text{м}] = \left( \frac{H [\text{ft}]}{10} \right) \cdot 3.$$

- Примеры 1) Дано:  $H = 10000 \text{ ft}$ . Ответ:  $H = 3000 \text{ м}$ .  
 2) Дано:  $H = 27000 \text{ ft}$ . Ответ:  $H = 8100 \text{ м}$ .

При переводе высоты из метров в футы следует, высоту в метрах умножить на 3 и прибавить  $1/10$  результата умножения.

$$H [ft] = H [м] \cdot 3 + \frac{1}{10} (H [м] \cdot 3).$$

- Примеры 1) Дано:  $H = 3000 \text{ м}$ . Ответ:  $H = 9900 \text{ ft}$ .  
 2) Дано:  $H = 10000 \text{ м}$ . Ответ:  $H = 33000 \text{ ft}$ .

Погрешность расчетов не более 2%.

в) Перевод скорости, выраженной в км/ч в м/с и наоборот.

Если необходимо определить скорость в м/с, то величину скорости, выраженную в км/ч делят на 4 и прибавляют  $1/10$  результата деления.

$$V [м/с] = \frac{V [км/ч]}{4} + \frac{1}{10} \cdot \frac{V [км/ч]}{4}.$$

- Примеры 1) Дано:  $V = 800 \text{ км/ч}$ . Ответ:  $V = 220 \text{ м/с}$ .  
 2) Дано:  $V = 300 \text{ км/ч}$ . Ответ:  $V = 82,5 \text{ м/с}$ .

При переводе в обратную сторону скорость в м/с умножают на 4 и вычитают  $1/10$  результата умножения.

$$V [км/ч] = V [м/с] \cdot 4 - \frac{1}{10} \cdot (V [м/с] \cdot 4).$$

- Примеры 1) Дано:  $V = 100 \text{ м/с}$ . Ответ:  $V = 360 \text{ км/ч}$ .  
 2) Дано:  $V = 250 \text{ м/с}$ . Ответ:  $V = 900 \text{ км/ч}$ .

г) Перевод скорости, выраженной в км/ч, в узлы (kt) и наоборот

При переводе скорости, выраженной в км/ч в узлы, необходимо скорость в км/ч разделить на 2 и прибавить  $1/10$  результата деления.

$$V [kt] = \frac{V [км/ч]}{2} + \frac{1}{10} \cdot \frac{V [км/ч]}{2}.$$

- Примеры 1) Дано:  $V = 800 \text{ км/ч}$ . Ответ:  $V = 440 \text{ kt}$ .  
 2) Дано:  $V = 660 \text{ км/ч}$ . Ответ:  $V = 363 \text{ kt}$ .

При переводе скорости из узлов в километры в час, число узлов умножают на 2 и вычитают 1/10 результата умножения.

$$V [\text{км/ч}] = V [\text{kt}] \cdot 2 - \frac{1}{10} \cdot (V [\text{kt}] \cdot 2).$$

Примеры 1) Дано:  $V = 400 \text{ kt}$ . Ответ:  $V = 720 \text{ км/ч}$ .

2) Дано:  $V = 320 \text{ kt}$ . Ответ:  $V = 576 \text{ км/ч}$ .

д) Перевод вертикальной скорости, выраженной в футах/мин (ft/min), в м/с и обратно

Для перевода вертикальной скорости из футов в минуту в м/с и обратно используем следующие формулы.

$$V [\text{м/с}] \approx V [\text{ft/min}]/200$$

$$V [\text{ft/min}] \approx 200 \cdot V [\text{м/с}].$$

Примеры 1) Дано:  $V_B = 400 \text{ ft/min}$ . Ответ:  $V_B = 2 \text{ м/с}$ .

2) Дано:  $V_B = 5 \text{ м/с}$ . Ответ:  $V_B = 1000 \text{ ft/min}$ .

### **Расчет пройденного расстояния, путевой скорости и времени полета**

а) Расчет пройденного расстояния:

Для расчета пройденного расстояния необходимо в первую очередь запомнить, что расстояние, соответствующее 6 мин полета, равно скорости полета без последней цифры. Например, при  $W = 800 \text{ км/ч}$  за 6 мин будет пройдено 80 км.

Таким образом, соотношение

$$S = \frac{1}{10} W [\text{км/ч}] \rightarrow t = 6 \text{ мин}$$

является основным для определения пройденного расстояния по известной путевой скорости и времени полета.

При нахождении расстояния, пролетаемого ВС за время кратное 6 мин, мы можем воспользоваться следующими формулами:

$$S = \frac{1}{10} W [\text{км/ч}]: 2 : 3 \rightarrow t = 1 \text{ мин}$$

$$S = \frac{1}{10} W [\text{км/ч}]: 2 : 2 \rightarrow t = 1 \text{ мин } 30 \text{ с}$$

$$S = \frac{1}{10} W [\text{км/ч}]: 2 \rightarrow t = 3 \text{ мин}$$

$$S = \frac{1}{10} W [\text{км/ч}] \cdot 2 \rightarrow t = 12 \text{ мин},$$

а затем определить расстояние, пройдено за любой промежуток времени.

Примеры 1) Дано:  $W = 700$  км/ч;  $t = 3$  мин. Ответ:  $S = 35$  км.

2) Дано:  $W = 450$  км/ч;  $t = 12$  мин. Ответ:  $S = 90$  км.

Для облегчения применения данных расчетов на практике, так же желательно помнить расстояние, проходимое ВС за 1 мин при различных скоростях полета (табл. 3).

Таблица 3.

W, км/ч	500	600	700	800	900	1000
S, км	8,3	10	11,7	13,3	15	16,7

б) Расчет путевой скорости:

1. Определить расстояние, пролетаемое за 6 мин полета

2. Умножить расстояние, пролетаемое за 6 мин полета на 10 и получить путевую скорость

Примеры 1) Дано:  $S = 45$  км;  $t = 3$  мин. Ответ:  $W = 900$  км/ч.

2) Дано:  $S = 90$  км;  $t = 12$  мин. Ответ:  $W = 450$  км/ч..

в) Расчет времени полета:

1. Определить расстояние, пролетаемое за 1 мин полета

2. Разделить общее расстояние на расстояние, пролетаемое за 1 мин полета и получить время полета

Примеры 1) Дано:  $W = 600$  км/ч;  $S = 45$  км. Ответ:  $t = 4$  мин 30 с.

2) Дано:  $W = 900$  км/ч;  $S = 120$  км. Ответ:  $t = 8$  мин.

В тех случаях, когда дальность полета относительно велика, целесообразно сразу выделять расстояния пропорциональные 10, 12, 15, 20 или 30 мин полета, что соответствует 1/6, 1/5, 1/4, 1/3 и 1/2 часа соответственно.

Примеры 1) Дано:  $W = 800$  км/ч;  $S = 440$  км. Ответ:  $t = 33$  мин.

2) Дано:  $W = 750$  км/ч;  $S = 225$  км. Ответ:  $t = 18$  мин.

## Расчет радиуса и времени выполнения разворота на 180 градусов

а) Расчет радиуса разворота:

Радиус разворота вычисляется по формуле (1), из практики известно, что для кренов  $\beta = 60^\circ$  и скоростей полета  $V = 600 - 1000$  км/ч справедливо соотношение

$$\frac{V^2}{g \operatorname{tg} \beta} \approx \frac{V}{100} - 4,$$

таким образом, при  $\beta = 45^\circ$   $R = (V/100 - 4) \cdot 1,5$ ,

при  $\beta = 30^\circ$   $R = (V/100 - 4) \cdot 2,5$ ,

при  $\beta = 15^\circ$   $R = (V/100 - 4) \cdot 5$ .

Ошибка в определении радиуса разворота составляет 1 – 1,5 км.

Примеры 1) Дано:  $V = 700$  км/ч;  $\beta = 30^\circ$ . Ответ:  $R = 7,5$  км.

2) Дано:  $V = 600$  км/ч;  $\beta = 15^\circ$ . Ответ:  $R = 10$  км.

б) Расчет времени выполнения разворота на 180 градусов:

Используя, известное соотношение для определения времени разворота на угол  $\alpha$

$$t_\alpha = \frac{\alpha R}{V},$$

и формулу (1), можно определить, что

$$t_{180} \approx 0,09 \frac{V}{\operatorname{tg} \beta} \quad (2)$$

Подставив в формулу (2) значение тангенсов для интересующих углов крена, получим следующие зависимости

$$\beta = 5^\circ \quad t_{180} = V [c],$$

$$\beta = 10^\circ \quad t_{180} = V/2 [c],$$

$$\beta = 15^\circ \quad t_{180} = V/3 [c],$$

$$\beta = 30^\circ \quad t_{180} = 1,5 V' \text{ или } 0,15 V [c],$$

$$\beta = 45^\circ \quad t_{180} = 0,9 V' \text{ или } 0,09 V [c],$$

где  $V'$  – скорость полета без последней цифры в км/ч.

Примеры 1) Дано:  $V = 700$  км/ч;  $\beta = 30^\circ$ . Ответ:  $t_{180} = 105$  с = 1 мин 45 с.

2) Дано:  $V = 600$  км/ч;  $\beta = 15^\circ$ . Ответ:  $t_{180} = 200$  с = 3 мин 20 с.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Воздушная навигация: Справочник / А.М. Белкин, Н.Ф. Миронов, Ю.И. Рублев, Ю.Н. Сарайский. М.: Транспорт, 1988.
2. Воздушная навигация и аэронавигационное обеспечение полетов. Под ред. Н.Ф. Миронова. М.: Транспорт, 1992.
3. Кормашов В.А. Навигационная счетная линейка НЛ-10. М.: Воениздат, 1956.
4. Лейзерах А.А. Сборник задач по самолетовождению. М.: Транспорт, 1973.
5. Методика выполнения навигационных расчетов в полете. Кировоград: КВЛУ ГА, 1991.
6. Сайгафаров И.С. Штурманский глазомер и счет в уме: Учебное пособие. ЧВВАКУШ. Челябинск, 1991.
7. Самаржаян Ш.С. Расчеты и глазомер в авиации. М.: Воениздат, 1980.
8. Сарайский Ю.Н., Алешков И.И. Аэронавигация. Часть I. Основы навигации и применение геотехнических средств: Учебное пособие. Университет ГА. С-Петербург, 2011.
9. Хиврич И.Г., Миронов Н.Ф., Белкин А.М. Воздушная навигация. М.: Транспорт, 1984.
10. Черный М.А., Кораблин В.И. Воздушная навигация. М.: Транспорт, 1991.