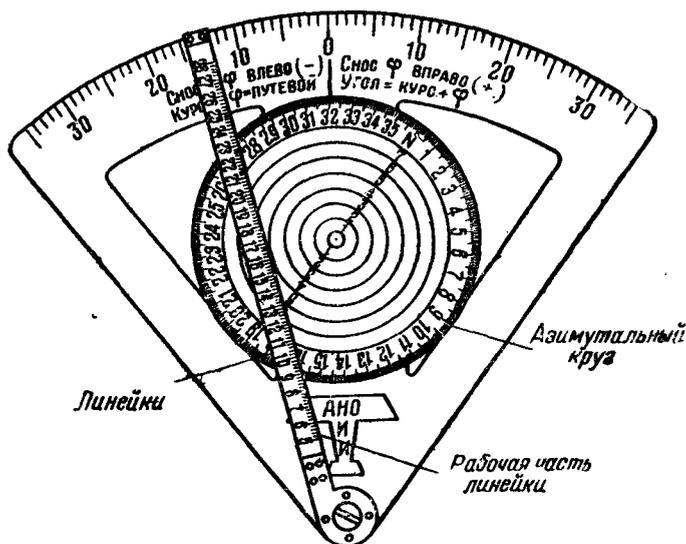


§ 46. Ветрочет

Назначение и устройство. Для графического решения задач по определению курсов и путевой скорости служит ветрочет (фиг. 287), состоящий из сектора, азимутального круга и линейки.

Основанием прибора является *сектор*, по дуге которого в обе стороны от осевой линии, отмеченной цифрой 0 и называе-



Фиг. 287. Ветрочет.

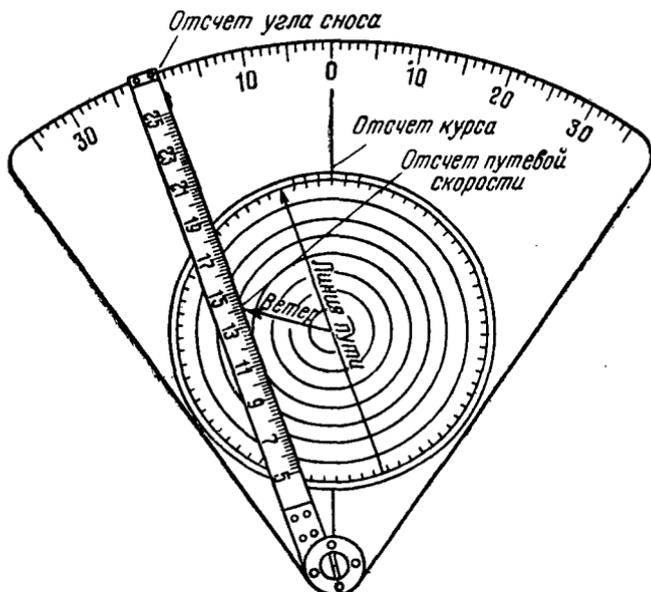
мой *курсовой чертой*, нанесена шкала сноса с ценой деления 1° . По осевой линии сектора имеется прорезь для передвижения по ней вдоль курсовой черты азимутального круга.

Азимутальный круг закрепляется в прорези барашком; после закрепления круг вращается свободно. Круг имеет шкалу, разделенную на 360° . На поверхности круга имеется ряд концентрических окружностей, на которых нанесены цифры, обозначающие скорость ветра в десятках километров в час. Азимутальный круг служит для установки курсов, заданных путевых углов, для нанесения точки ветра и других расчетов. На круге прочерчивают карандашом путевые линии, путевые дуги, вектор ветра и т. д.; прочерченные линии можно легко стереть резинкой.

Линейка вращается около вершины угла сектора и перемещается другим концом по дуге шкалы сносов. На линейке нанесена шкала скоростей в километрах в час. Рабочей гранью линейки является правый ее обрез со скошенной гранью. Линейка

служит для установки центра круга на данную воздушную скорость, для проведения путевых линий и путевых дуг, для отсчетов путевой скорости и выполнения других расчетов.

Круг устанавливают на данную воздушную скорость следующим образом. Ставят линейку рабочей стороной на нуль шкалы сносов; затем, освободив барашек, передвигают азимутальный круг так, чтобы центр его совместился с отсчетом воздушной



Фиг. 288. Определение курса, путевой скорости и угла сноса по ветрочету.

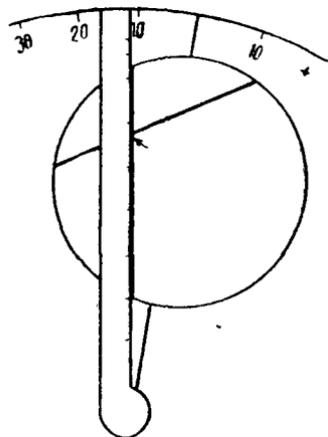
скорости на линейке, и зажимают барашек. Для установки круга на данный курс вращают круг и устанавливают заданное деление курса против курсовой черты сектора.

При помощи ветрочета решают все задачи по определению элементов навигационного треугольника, а также другие задачи; ниже приводится пример задачи, решаемой при помощи ветрочета.

Курсы и путевые скорости для следования по заданной линии пути рассчитывают при помощи ветрочета следующим образом. Центр азимутального круга ставят в соответствии с воздушной скоростью. После этого поворачивают азимутальный круг так, чтобы против курсовой черты сектора остановилось соответствующее деление заданного путевого угла, и проводят

вдоль линейки карандашом линию пути через весь круг. На конце линии пути, стоящей против заданного угла, ставят стрелку.

Затем на азимутальный круг наносят вектор ветра, для чего против курсовой черты ставят то деление азимутального круга, которое соответствует направлению ветра («куда дует»). Подведя к курсовой черте линейку, проводят от центра круга вдоль линейки вверх линию вектора ветра. Конец вектора будет на той окружности, оцифровка которой соответствует скорости



Фиг. 289. Нахождение на ветромете точки ветра по двум углам сноса.

ветра, или в промежутке между окружностями, если величина скорости ветра не равна целому десятку километров. После этого, удерживая линейку обрезом на конце вектора ветра, поворачивают круг так, чтобы диаметр — заданная линия пути — стал параллельно линейке (фиг. 288).

Против курсовой черты отсчитывают по азимутальному кругу курс самолета и по линейке против конца вектора ветра — путевую скорость. Конец линейки, скользящий по сектору ветрочета, дает отсчет угла сноса, который будет в полете с этим курсом. Полученный истинный курс переводят в компасный.

Определение ветра по двум углам сноса. Определение ветра в полете по способу двух углов сноса производится следующим образом. Штурман предупреждает летчика о начале промера и указывает ему какой-либо курс. Летчик обязан держать заданный курс и сохранять неизменными высоту полета и воздушную скорость. На этом курсе штурман промеряет угол сноса и затем задает летчику второй курс, отличающийся от первого на $40\text{--}50^\circ$, и промеряет угол сноса на втором курсе. Затем штурман вычисляет истинную воздушную скорость по показаниям указателя скорости при промере.

После этого задача определения ветра решается на ветрочете. Для этого устанавливают лимб ветрочета на истинную воздушную скорость, устанавливают против курсовой черты первый магнитный курс самолета, ставят линейку на угол сноса при первом курсе и по обрезу ее проводят на лимбе первую путевую линию. Затем поворачивают лимб ветрочета, устанавливают второй магнитный курс, ставят линейку на угол сноса при втором курсе и проводят на лимбе вторую путевую линию. Пересечение путевых линий даст точку ветра (фиг. 289).

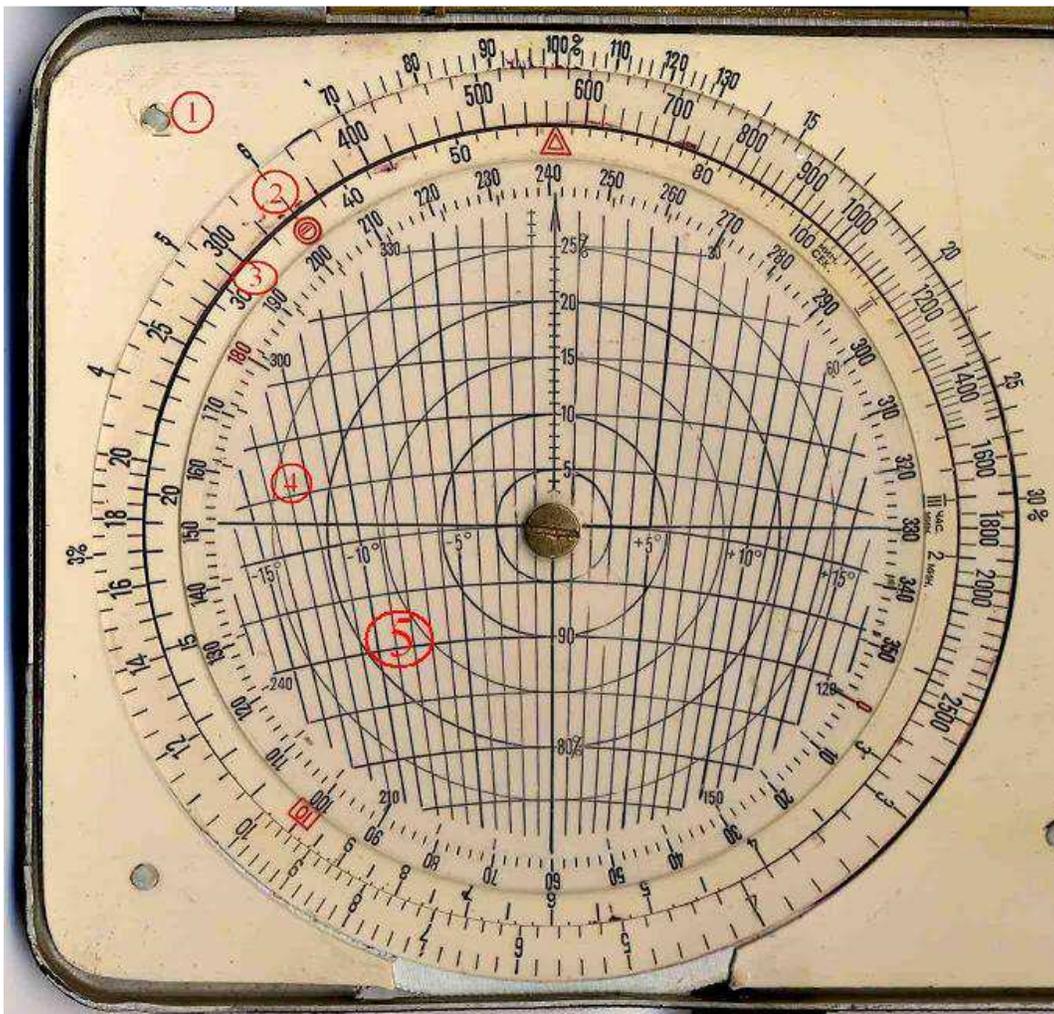
Использование расчетчика в НПЛ-М

Имеем шкалы:

- 1** – неподвижная-проценты.
- 2** – подвижное кольцо – расстояния и скорость – километры, километры в час.
- 3** – неподвижная – время (мин-сек или час-мин). На шкале также имеются; **круглый красный индекс на числе 36** – предназначен для перевода скоростей из м/с в км/ч и обратно; **квадратный красный индекс на числе 10** и **треугольный красный индекс на числе 60**.
- 4** – неподвижная шкала с нанесенными расходящимися линиями углов сноса (в градусах) и дугами путевой скорости (в процентах).
- 5** – подвижный прозрачный лимб с нанесенными по периметру градусами от 0 до 360.

Шкалы **2** и **3** используются для **штилевого расчета полёта**, аналогично таким же шкалам на линейке НЛ-10М, когда по имеющейся длине участка маршрута **S** и воздушной (приборной) скорости ЛА **V**, рассчитываем время прохождения участка: $t = S/V$

Ключ: Напротив красного треугольника шкалы **3**, выставляем воздушную (приборную) скорость ЛА (например, 180 км/ч)? После чего на шкале **2** находим длину участка маршрута (например, 27 км) и напротив него на шкале **3** считываем время полёта в минутах (9 мин). Таким образом, просчитываются все участки маршрута, выполняется штилевой расчет и заполняются соответствующие таблицы в планшете или на бумаге – в Штурманском плане полёта.



Следующий этап – расчет полета с учетом ветра.

Имеем:

Метеорологическое направление ветра (откуда дует) на эшелоне полета в градусах (например, 120 градусов)

Силу ветра на эшелоне полета U в м/с (например, 10 м/с)

1. Переводим ветер в навигационный, прибавив (или вычитая) к метеорологическому направлению 180 градусов: $120 + 180 = 300$ градусов

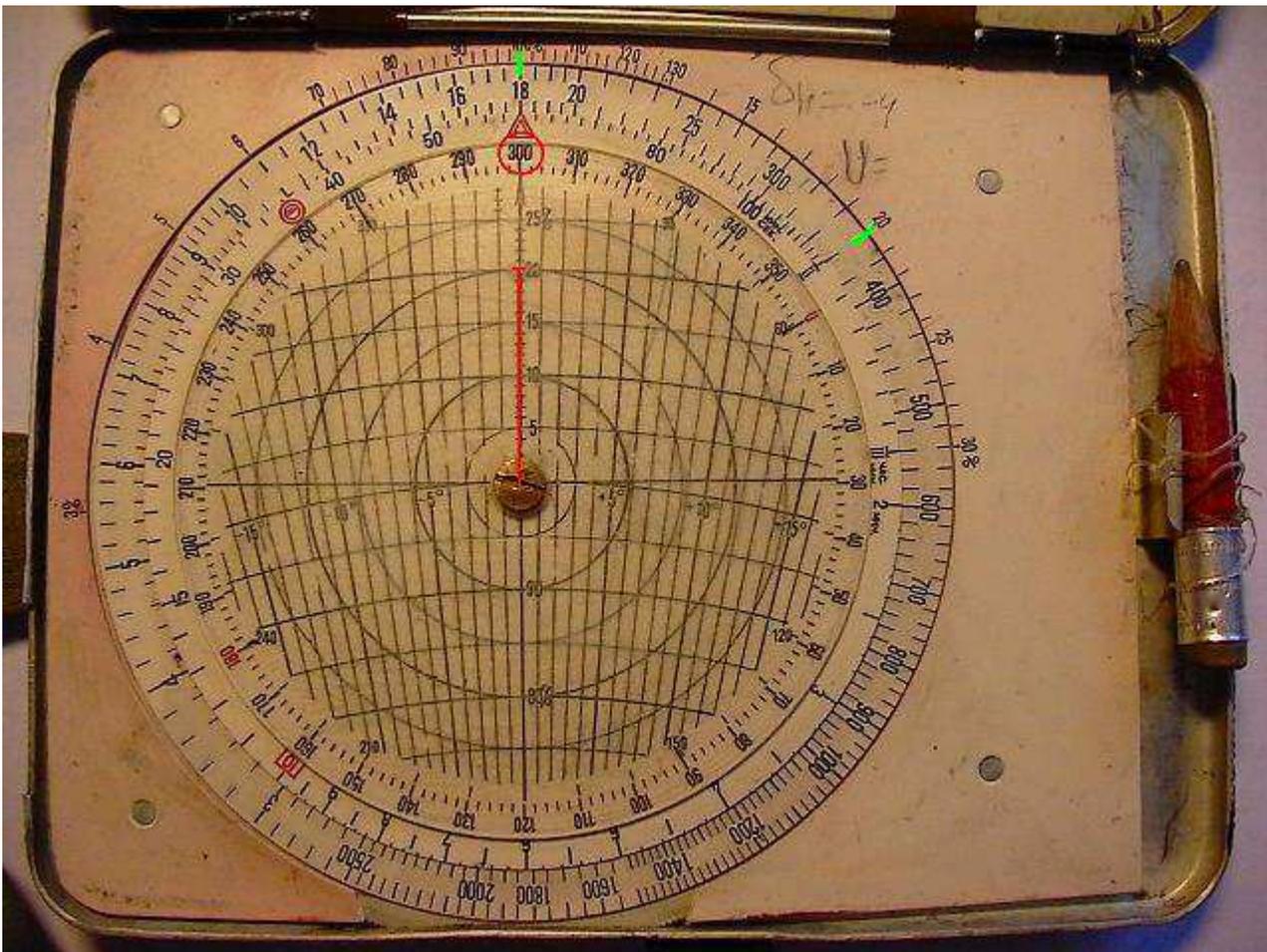
2. Переводим скорость ветра из м/с в км/ч:

Для этого напротив красного индекса 10 на шкале **3** устанавливаем скорость в м/с (10), а напротив круглого красного индекса шкалы **3** по шкале **2** считываем скорость в км/ч (36).

3. Теперь нужно вычислить, какую часть составляет скорость ветра U от воздушной скорости ЛА V в процентах:

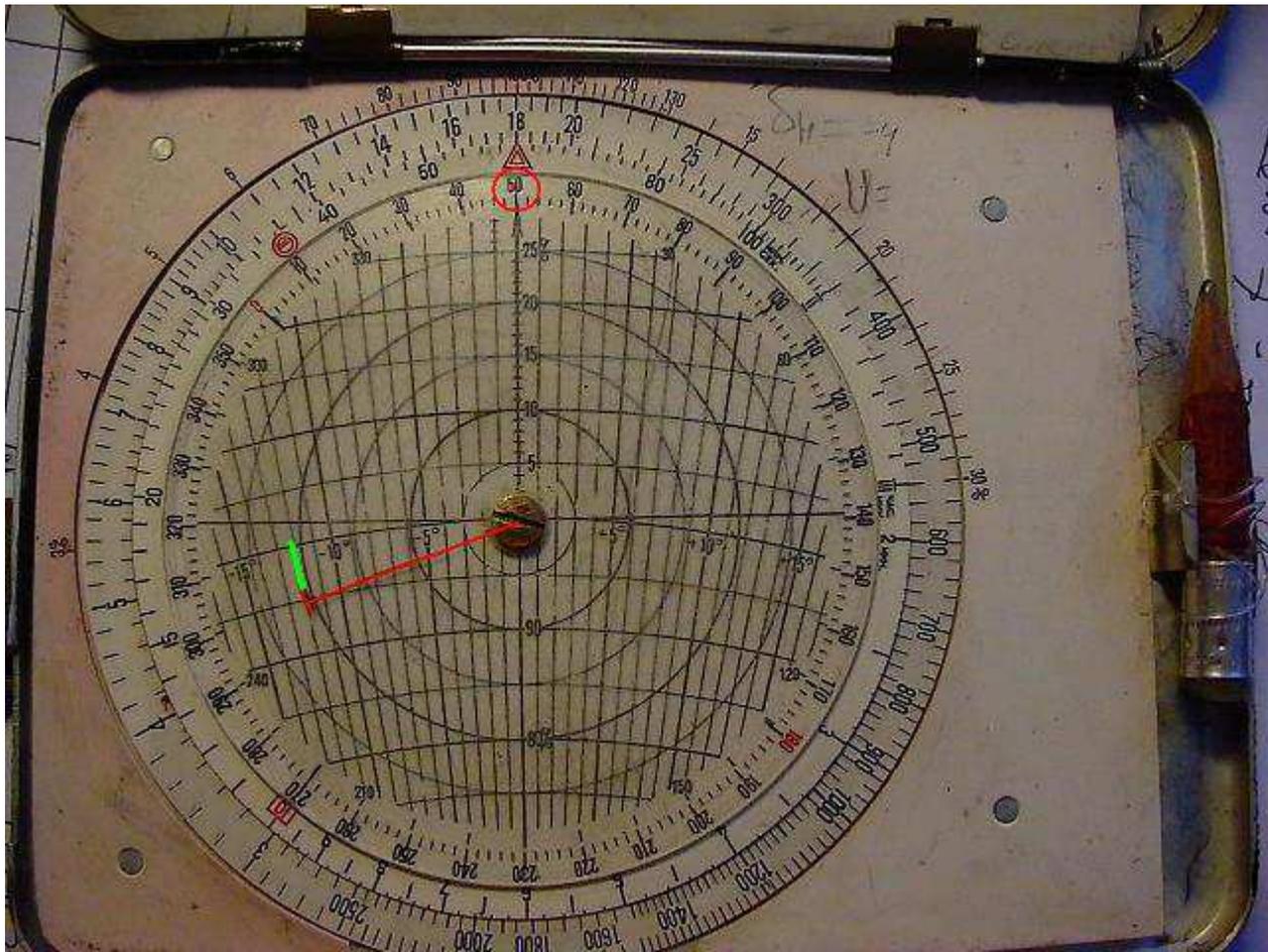
Для этого напротив цифры 100% шкалы **1** ставим скорость V (в нашем примере $V = 180$ км/ч), а напротив числа 36 шкалы **2** (скорость ветра) по шкале **1** считываем 20%.

4. После этого поворачиваем прозрачный лимб **5** так, чтобы стрелочка шкалы **4** смотрела на 300 (наш навигационный ветер) и карандашом, имеющимся в комплекте планшета, из начала координат рисуем вектор ветра длиной 20% и направлением 300. На конце вектора рисуем поперечную засечку – так потом точнее считываются данные.



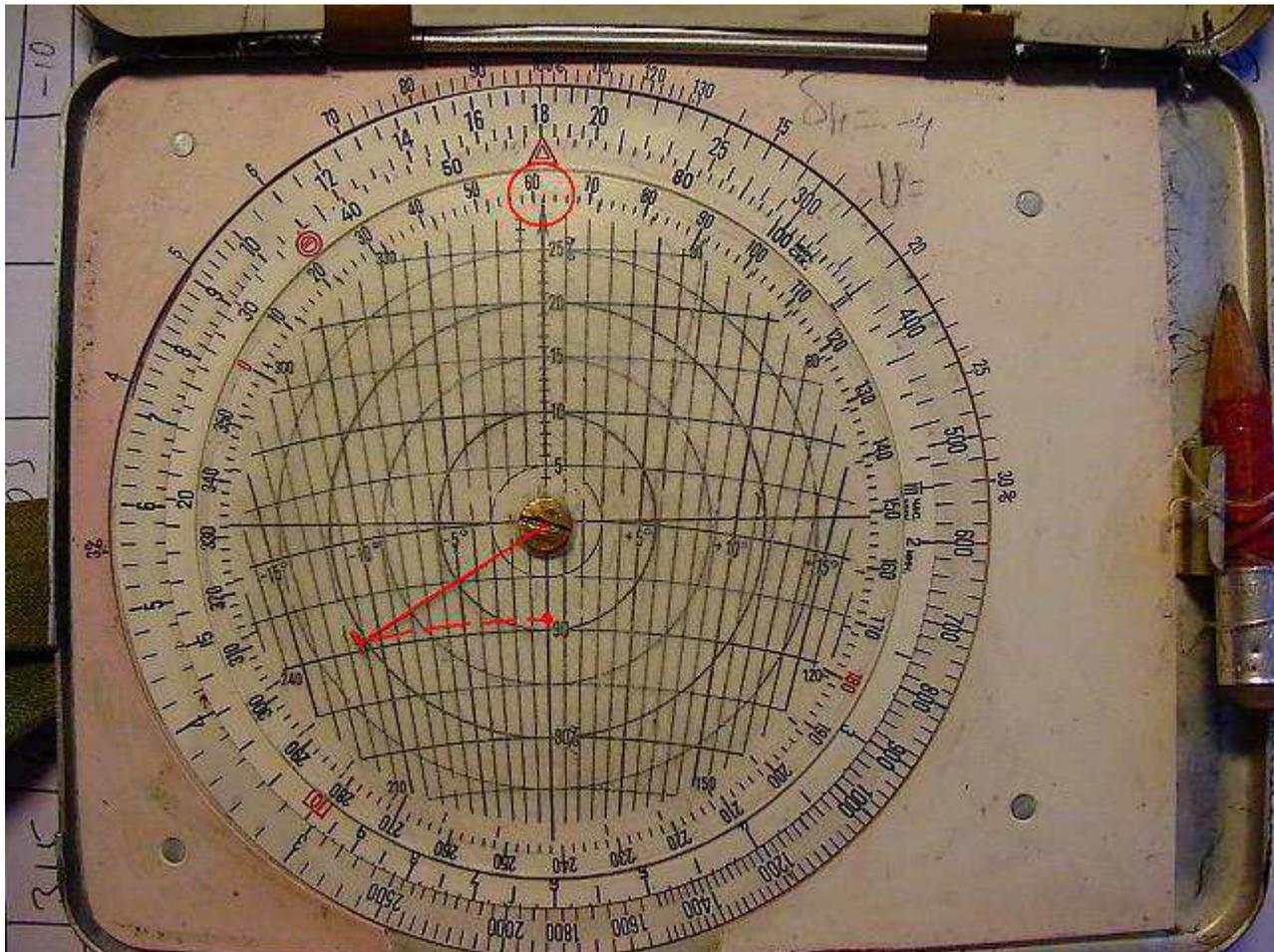
5. Определение угла сноса (УС). Поворачиваем прозрачный лимб **5** так, чтобы стрелочка шкалы **4** смотрела на **ЗМПУ** (заданный магнитный путевой угол) нашего участка пути (например, ЗМПУ = 50 град). Конец вектора ветра на шкале **4** указывает величину **УС**. Влево – **УС** со знаком (-), вправо – со знаком (+).

Пример: ЗМПУ = 50 град., УС = - 12 град.



6. Определяем магнитный курс (МК) с учетом ветра.

Если по формуле , то $МК = ЗМПУ - (+-УС) = 50 - (-12) = 62$ град., а по простому: если ветер сносит нас влево , то нам нужно повернуть вправо на величину угла сноса (УС), т.е. был курс 50 град, станет 62 град. Аналогично, если сносит вправо – отворачиваем влево. И, соответственно, поворачиваем прозрачный лимб **5** на новый **МК** с учетом угла сноса.

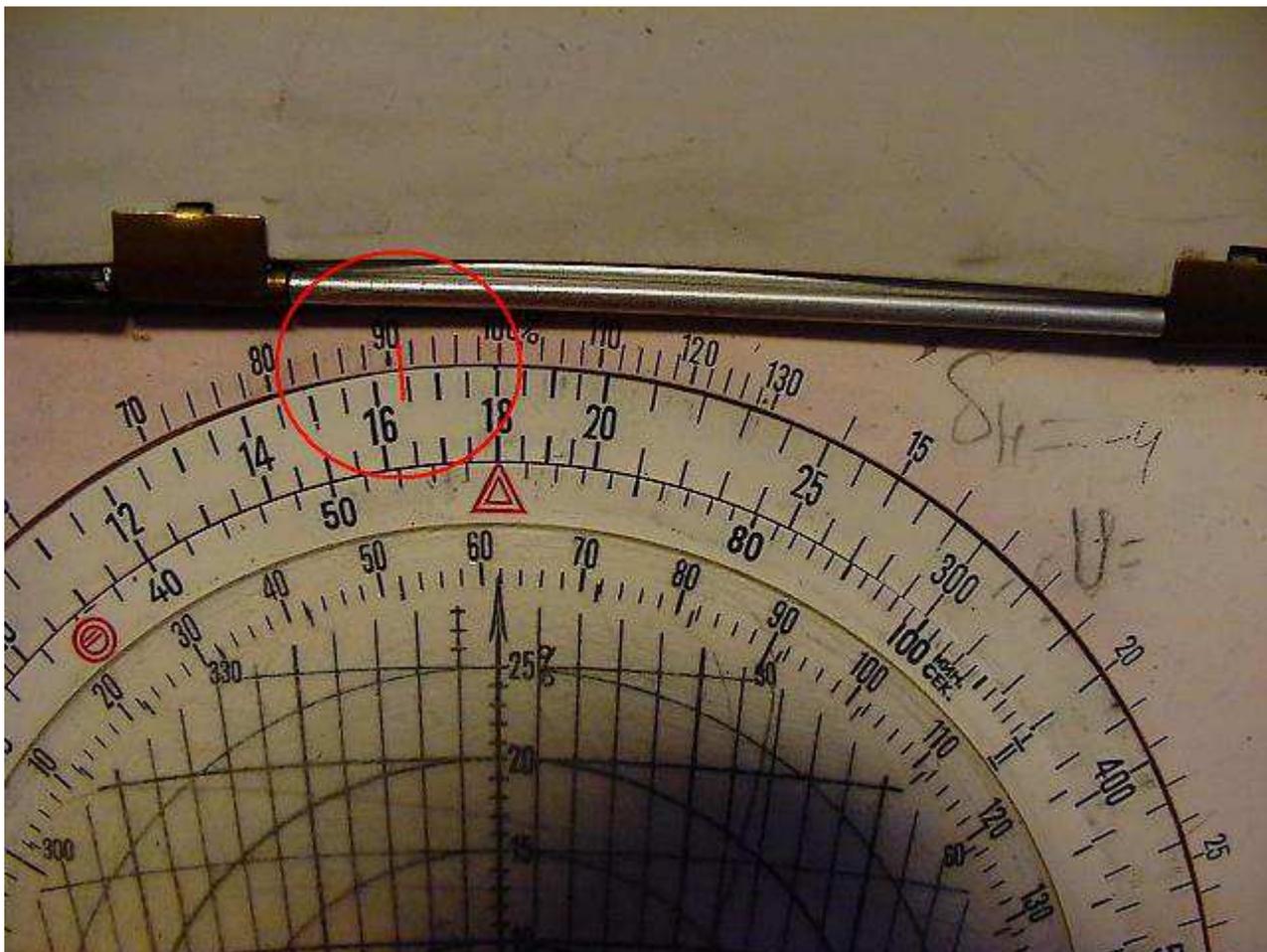


7. Расчет путевой скорости (W).

После того как повернули лимб **5** на **МК**, конец вектора ветра на шкале **4** указывает величину **W** (**путевой скорости**) в процентах (в нашем случае, что-то около 90-91%). По шкалам **1** и **2** переводим скорость из процентов в км/ч, как было указано выше. Получается 163 км/ч.

Аналогично рассчитываются и остальные участки маршрута.

Если ветер на других участках маршрута разный, то для этих участков рассчитываются и рисуются свои векторы ветра.



2. Навигационный треугольник скоростей, его элементы и их взаимозависимость

Самолет относительно воздушной массы перемещается с воздушной скоростью в направлении своей продольной оси. Одновременно под действием ветра он перемещается вместе с воздушной массой в направлении и со скоростью ее движения. В результате движение самолета относительно земной поверхности будет происходить по равнодействующей, построенной на слагаемых скоростях самолета и ветра. Таким образом, при полете с боковым ветром векторы воздушной скорости, путевой скорости и скорости ветра образуют треугольник (рис. 7.3), который называется навигационным треугольником скоростей. Каждый вектор характеризуется направлением и величиной.

Вектором воздушной скорости называется направление и скорость движения самолета относительно воздушных масс. Его направление определяется курсом самолета, а величина — значением воздушной скорости.

онного ветра. Отсчитывается от линии пути до направления ветра по ходу часовой стрелки от 0 до 360°.

Между элементами навигационного треугольника скоростей существует следующая зависимость:

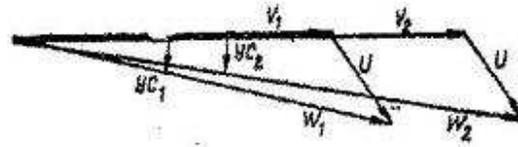


Рис. 7.4. Зависимость УС и W от изменения воздушной скорости самолета

$$\begin{aligned} MK &= MПУ - (\pm УС); & OC &= V \cos УС; \\ MПУ &= MK + (\pm УС); & CB &= U \cos УВ; \\ УС &= MПУ - MK; & W &= V \cos УС + U \cos УВ; \\ УВ &= \delta \pm 180^\circ - MПУ; & \delta &= MПУ + УВ \pm 180^\circ. \end{aligned}$$

Так как углы сноса обычно небольшие, а косинусы малых углов близки к единице, то можно считать, что $W \approx V + U \cos УВ$. Приведенные выше формулы используются для расчета элементов навигационного треугольника скоростей.

Угол сноса и путевая скорость являются основными навигационными элементами, поэтому нужно твердо знать, как они зависят от изменения воздушной скорости, скорости ветра и угла ветра.

Зависимость угла сноса и путевой скорости от воздушной скорости самолета. При неизменном ветре и курсе самолета путевая скорость изменяется соответственно изменению воздушной скорости, т. е. с увеличением воздушной скорости путевая скорость становится больше, а с уменьшением — меньше (рис. 7.4). Считают, что изменение воздушной скорости вызывает пропорциональное изменение путевой скорости, т. е. насколько изменилась воздушная скорость, настолько соответственно изменится и путевая скорость.

Угол сноса с возрастанием воздушной скорости уменьшается, а с ее уменьшением — увеличивается.

Зависимость угла сноса и путевой скорости от скорости ветра. При постоянной воздушной скорости и курсе самолета с увеличением скорости ветра угол сноса увеличивается, а при ее уменьшении — уменьшается (рис. 7.5).

Путевая скорость при попутном и попутно-боковом ветре с изменением скорости ветра изменяется так же, как и угол сноса. При встречном и встречно-боковом ветре с увеличением скорости

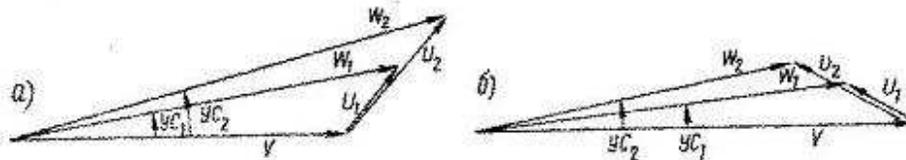


Рис. 7.5. Зависимость УС и W от изменения скорости ветра: а — при попутно-боковом ветре; б — при встречно-боковом ветре

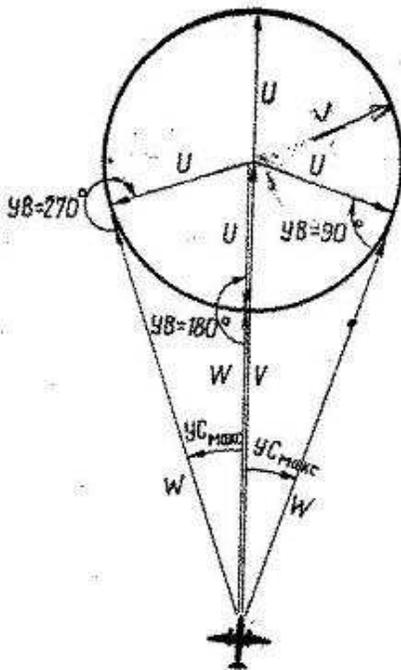


Рис. 7.6. Зависимость UC и W от изменения угла ветра

ветра путевая скорость уменьшается, а с уменьшением — увеличивается.

Зависимость угла сноса и путевой скорости от угла ветра. Угол ветра в полете не остается постоянным. Его величина изменяется в полете как вследствие изменения направления ветра, так и вследствие изменения направления полета.

Отложим в определенном масштабе вектор воздушной скорости (рис. 7.6). Из конца этого вектора радиусом, равным скорости ветра в том же масштабе, опишем окружность. Если перемещать вектор ветра по ходу часовой стрелки, то угол ветра будет изменяться.

Угол сноса и путевая скорость зависят от угла ветра следующим образом:

1. При $UB=0^\circ$ (ветер попутный) $UC=0$, $W=V+U$.
2. При увеличении угла ветра от 0 до 90° угол сноса увеличивается, а путевая скорость уменьшается.
3. При $UB=90^\circ$ (ветер боковой) угол сноса максимальный, а путевая скорость примерно равна воздушной.
4. При увеличении UB от 90 до 180° угол сноса и путевая скорость уменьшаются.
5. При $UB=180^\circ$ (ветер встречный) $UC=0$, а $W=V-U$.
6. При увеличении UB от 180 до 270° угол сноса и путевая скорость увеличиваются.
7. При $UB=270^\circ$ (ветер боковой) угол сноса максимальный, а путевая скорость примерно равна воздушной.
8. При увеличении UB от 270 до 360° угол сноса уменьшается, а путевая скорость увеличивается.

При решении большинства навигационных задач необходимо ясно представлять, в какую сторону при данном угле ветра бу-

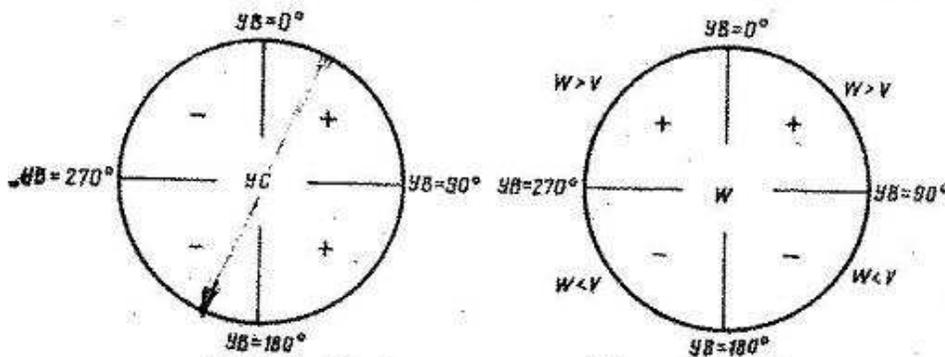


Рис. 7.7. Правила определения W и знаков UC

дет направлен снос самолета и какова его путевая скорость (больше или меньше воздушной).

Изменение угла ветра приводит к следующему изменению угла сноса и путевой скорости (рис. 7.7): при углах ветра $0-180^\circ$ углы сноса положительные, а при углах ветра $180-360^\circ$ — отрицательные; путевая скорость при углах ветра $270-0-90^\circ$ больше воздушной скорости, а при углах ветра $90-180-270^\circ$ меньше.

Пример. ЗМПУ = 100° ; $\delta = 40^\circ$. Определить, в какую сторону направлен снос самолета и какова его путевая скорость.

Решение. 1. Находим угол ветра:

$$УВ = \delta \pm 180^\circ - \text{ЗМПУ} = 40^\circ + 180^\circ - 100^\circ = 120^\circ.$$

2. Определяем знак угла сноса и путевую скорость. Так как УВ в пределах от 0 до 180° , то угол сноса будет положительный, а путевая скорость меньше воздушной.

Максимальным называется угол сноса при углах ветра 90 и 270° (см. рис. 7.6). Его величина определяется по формуле

$$\sin УС_{\text{макс}} = \frac{U}{V}.$$

При современных скоростях полета величина угла сноса обычно не превышает $10-20^\circ$. Известно, что синусы малых углов можно принять равными самим углам, выраженным в радианах. $1 \text{ рад} = 57,3$ или округленно 60° .

На основании этого можно записать, что

$$\sin УС_{\text{макс}} = \frac{УС_{\text{макс}}^\circ}{60^\circ}.$$

Следовательно,

$$\frac{УС_{\text{макс}}}{60^\circ} = \frac{U}{V}, \text{ откуда } УС_{\text{макс}} = \frac{U \cdot 60^\circ}{V}.$$

Из формулы видно, что УС тем больше, чем меньше воздушная скорость полета и чем больше скорость ветра.

Пример. $V = 360 \text{ км/ч}$; $U = 60 \text{ км/ч}$. Определить максимальный угол сноса.

Решение. $УС_{\text{макс}} = \frac{U \cdot 60}{V} = \frac{60 \cdot 60}{360} = 10^\circ.$

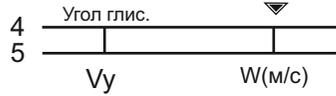
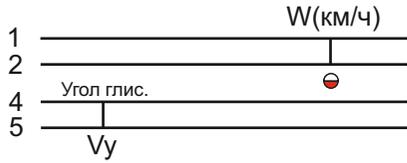
Обычно максимальный угол сноса рассчитывается с помощью НЛ-10М (рис. 7.8).

3. Решение навигационного треугольника скоростей

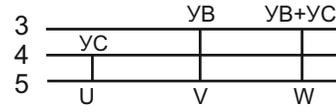
Решить навигационный треугольник скоростей — это значит по его известным элементам найти неизвестные. Решение навигационного треугольника скоростей можно осуществить:

- 1) графически (на бумаге);
- 2) с помощью навигационной линейки, навигационного расчетчика или ветрочета;
- 3) приближенно подсчетом в уме.

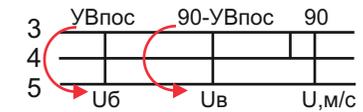
Расчет V_y снижения по глиссаде



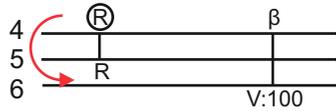
Расчет УВ, УС, W, МК



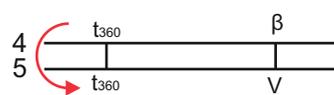
Расчет составляющих ветра



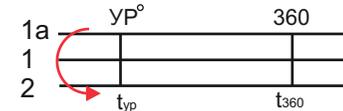
Расчет R разворота по β и V



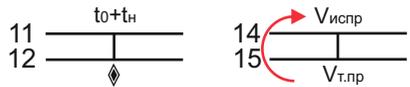
Расчет t_{360} по β и V



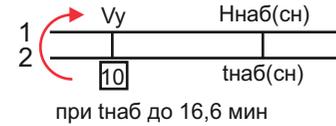
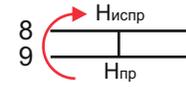
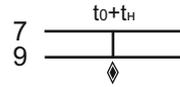
Расчет t разворота



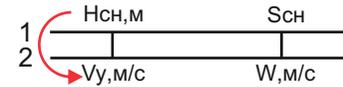
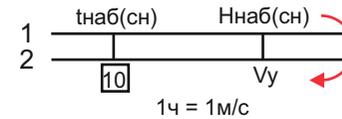
Расчет $V_{испр}$ по V_T пр ($V_T пр = V_{пр} + (\pm \Delta V)$)



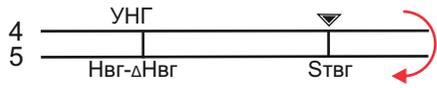
Расчет $H_{испр}$ по ВД



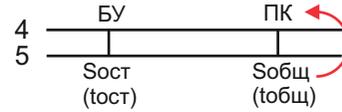
Расчет V_y



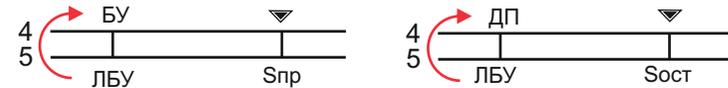
Расчет удаления ТВГ



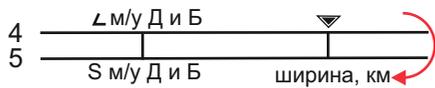
Расчет ПК по БУ и S



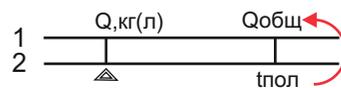
Расчет ПК по S и ЛБУ



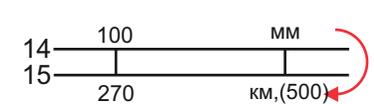
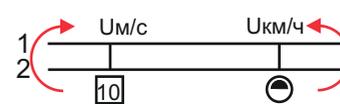
Расчет ширины коробочки по углу м/у ДПРМ и БПРМ



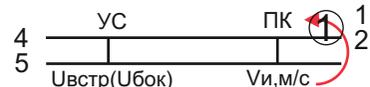
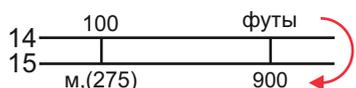
Расчет топлива



Перевод м/с в км/ч Перевод мм в км



Перевод футов в метры Расчет УС от 1-2 и 3-4



Расчет минимального расстояния для маневра

