

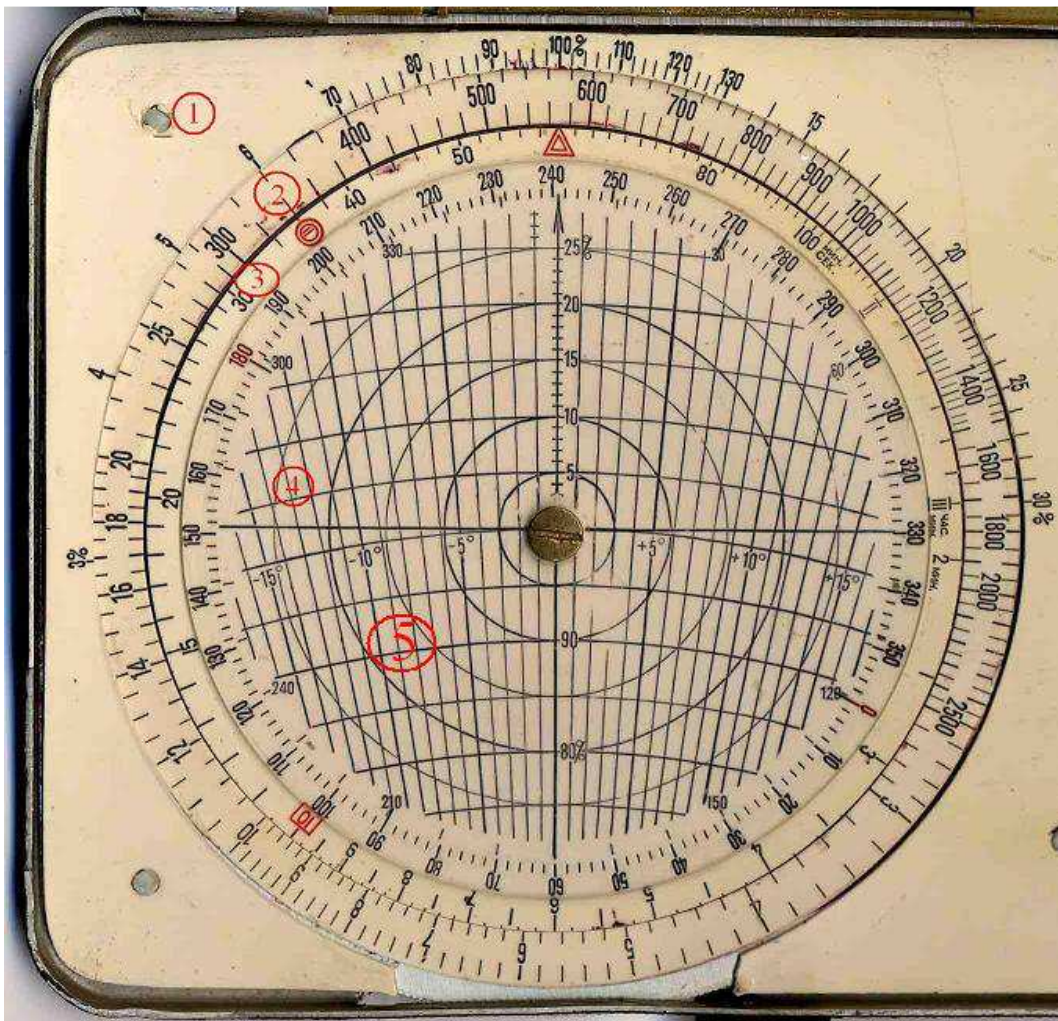
Использование расчетчика в НПЛ-М

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

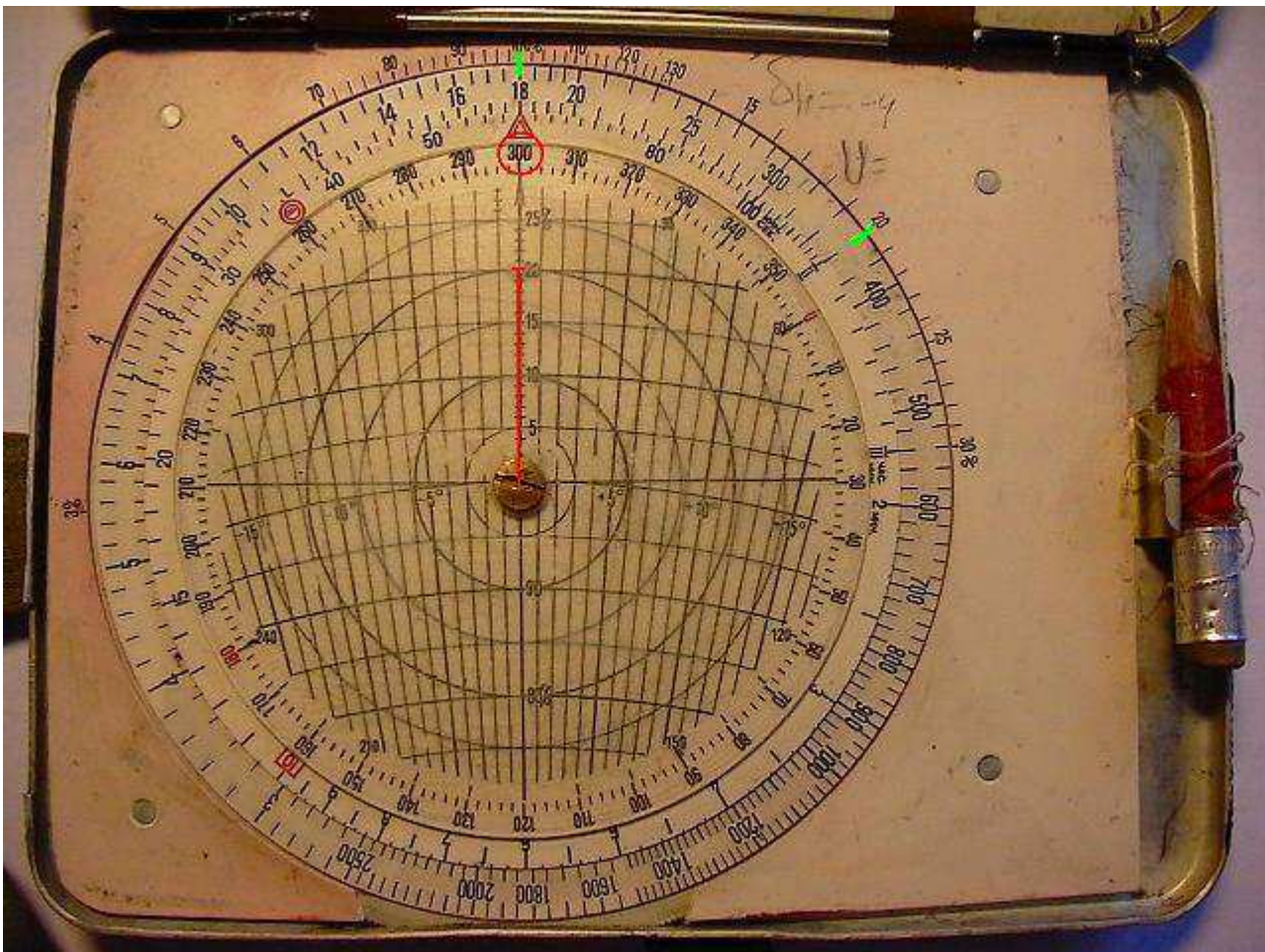
2. Переводим скорость ветра из м/с в км/ч:

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:

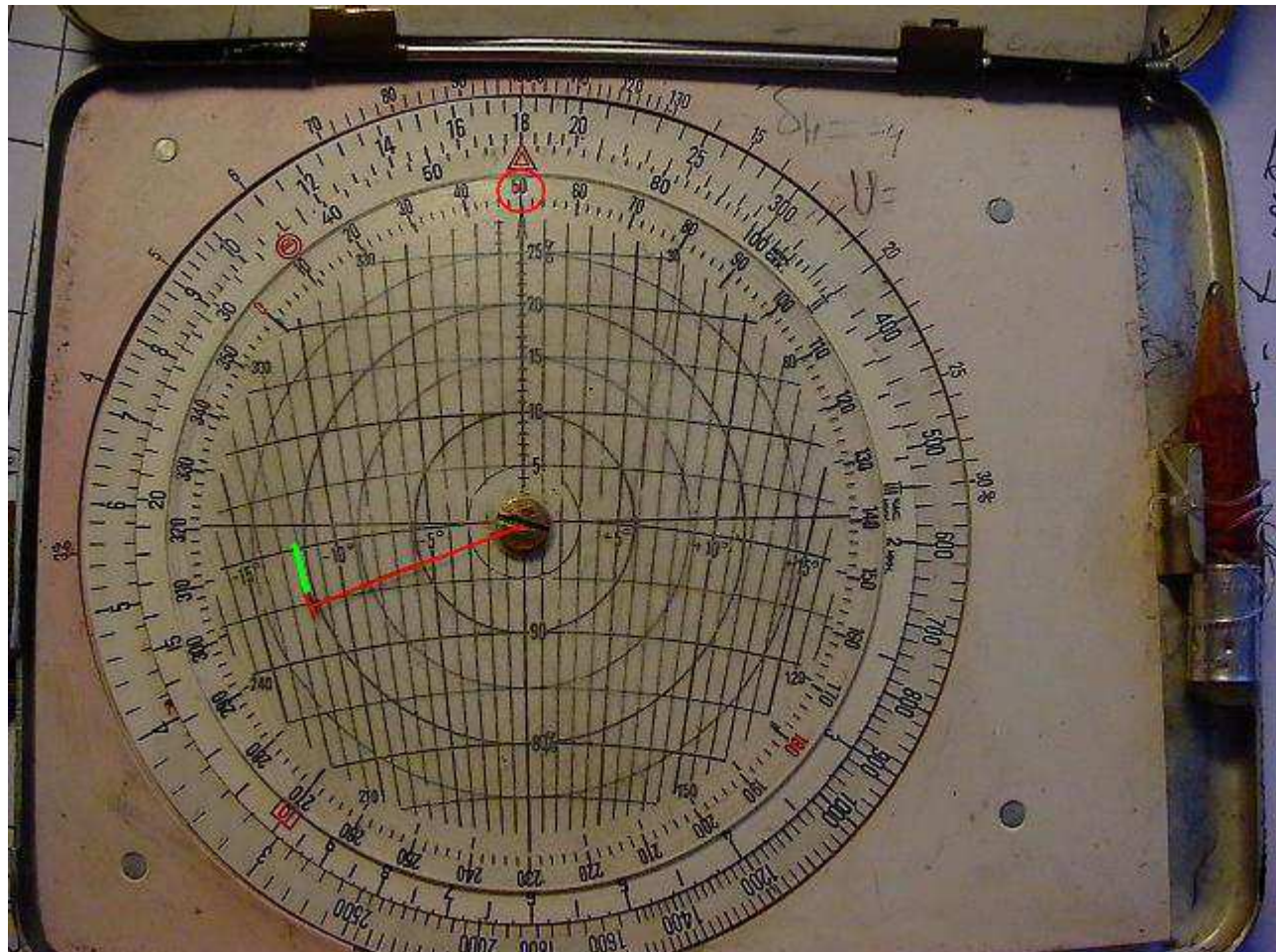
Для этого напротив цифры 100% шкалы **1** ставим скорость V (в нашем примере $V = 180$ км/ч), а напротив числа 36 шкалы **2** (скорость ветра) по шкале **1** считываем 20%.

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.



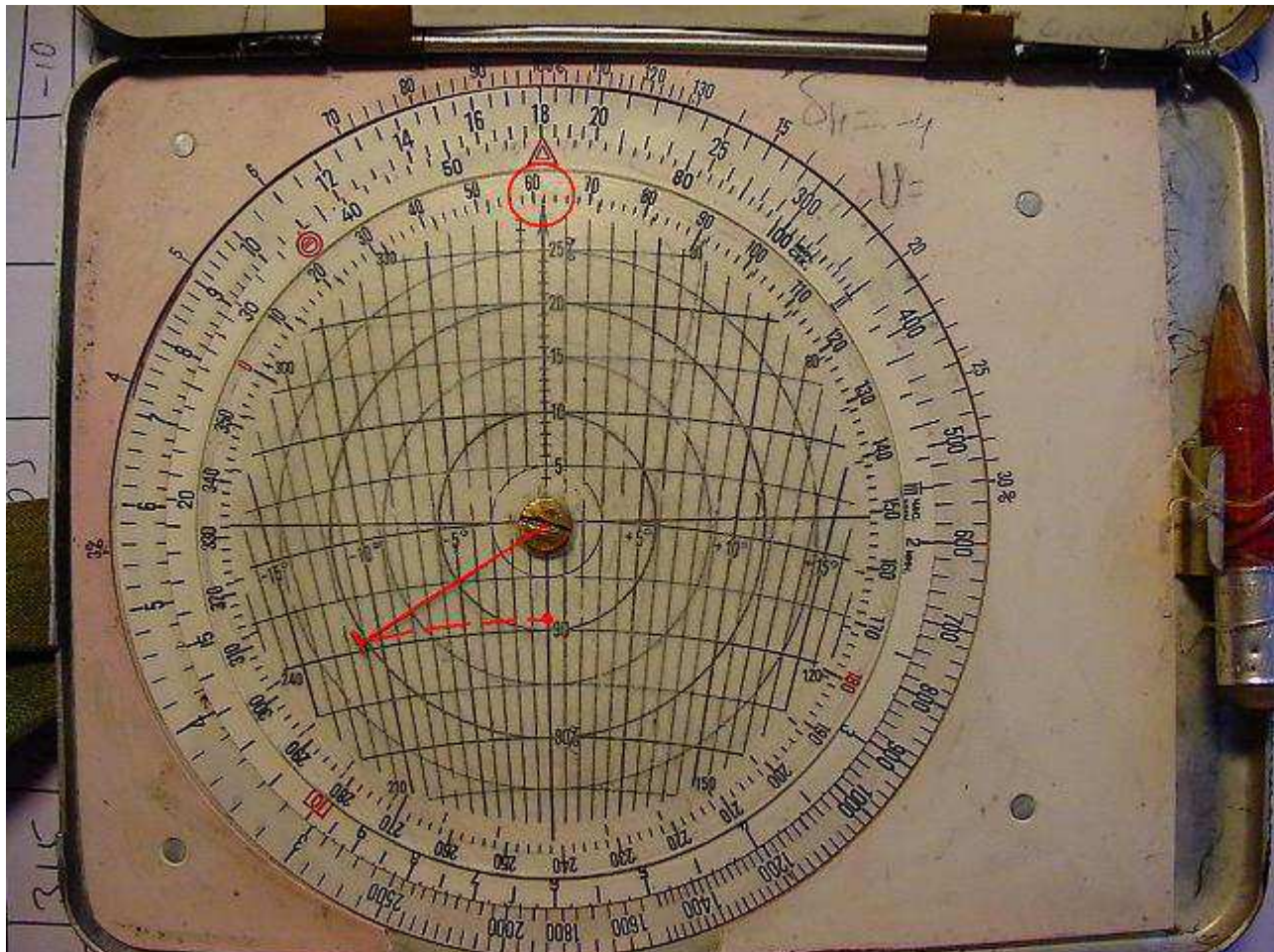
5. Определение угла сноса (УС). Поворачиваем прозрачный лимб **5** так, чтобы стрелочка шкалы **4** смотрела на **ЗМПУ** (заданный магнитный путевой угол) нашего участка пути (например, ЗМПУ = 50 град). Конец вектора ветра на шкале **4** указывает величину **УС**. Влево – **УС** со знаком (-), вправо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

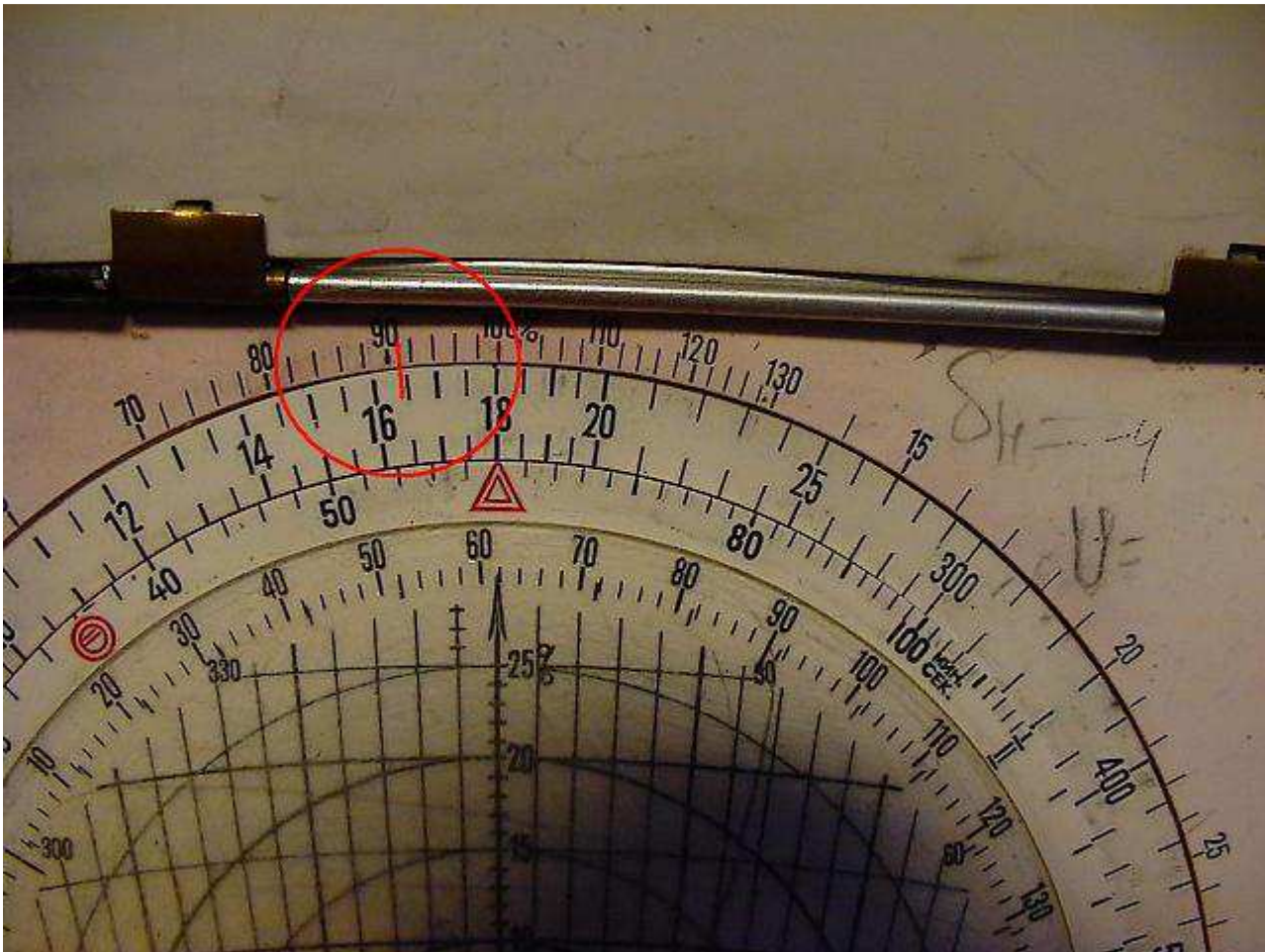


7. Расчет путевой скорости (W).

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.

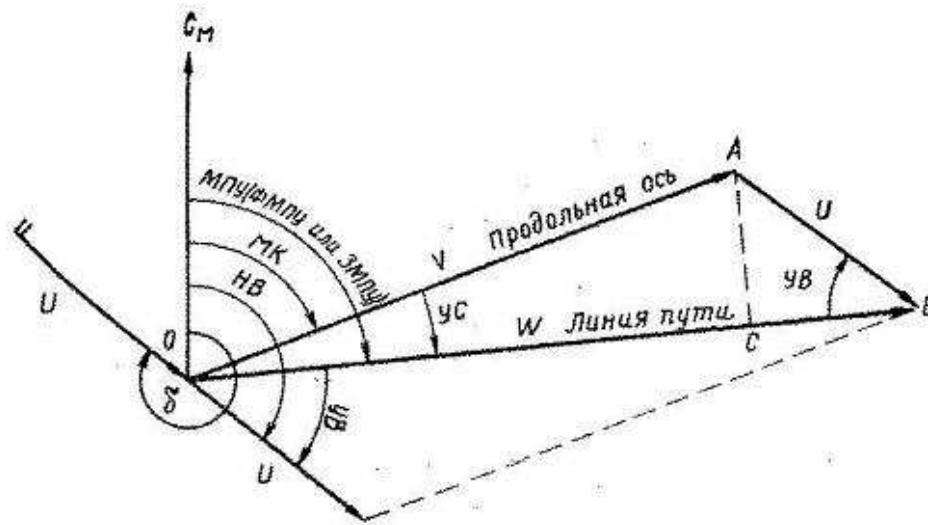


Рис. 7.3. Навигационный треугольник скоростей и его элементы

Вектором путевой скорости называется направление и скорость движения самолета относительно земной поверхности. Его направление определяется путевым углом, а величина — значением путевой скорости.

Вектором ветра называется направление и скорость движения воздушной массы относительно земной поверхности. Его направление определяется направлением ветра, а величина — значением его скорости.

Навигационный треугольник скоростей имеет следующие элементы:

- МК — магнитный курс самолета;
- V — воздушная скорость;
- МПУ — магнитный путевой угол (может быть заданным — ЗМПУ и фактическим — ФМПУ);
- W — путевая скорость;
- НВ — навигационное направление ветра;
- U — скорость ветра;
- УС — угол сноса;
- УВ — угол ветра.

Фактическим магнитным путевым углом называется угол, заключенный между северным направлением магнитного меридиана и линией фактического пути. Отсчитывается от северного направления магнитного меридиана до линии фактического пути по ходу часовой стрелки от 0 до 360°.

Углом сноса называется угол, заключенный между продольной осью самолета и линией пути. Отсчитывается от продольной оси самолета до линии пути вправо со знаком плюс и влево со знаком минус.

Углом ветра называется угол, заключенный между линией пути (фактической или заданной) и направлением навига-

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:

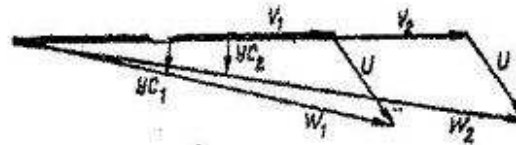


Рис. 7.4. Зависимость YC и W от изменения воздушной скорости самолета

$$MK = MПУ - (\pm YC); \quad OC = V \cos YC;$$

$$MПУ = MK + (\pm YC); \quad CB = U \cos YB;$$

$$YC = MПУ - MK; \quad W = V \cos YC + U \cos YB;$$

$$YB = \delta \pm 180^\circ - MПУ; \quad \delta = MПУ + YB \pm 180^\circ.$$

Так как углы сноса обычно небольшие, а косинусы малых углов близки к единице, то можно считать, что $W \approx V + U \cos YB$. 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

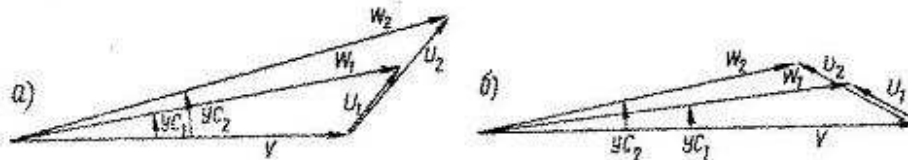


Рис. 7.5. Зависимость YC и W от изменения скорости ветра:
а — при попутно-боковом ветре; б — при встречно-боковом ветре

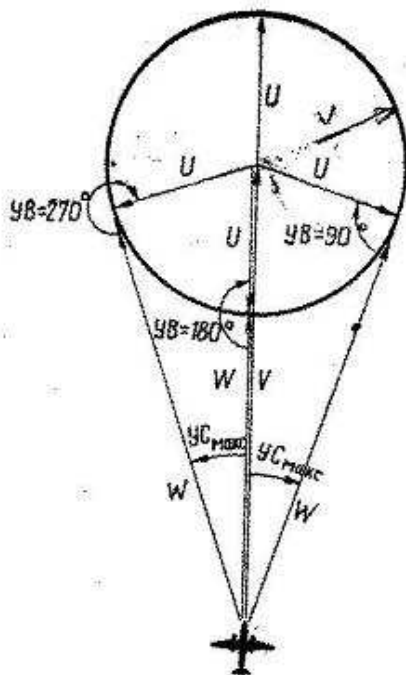


Рис. 7.6. Зависимость YC и W от изменения угла ветра

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) $YC=0$, $W=V+U$.
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) $YC=0$, 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-

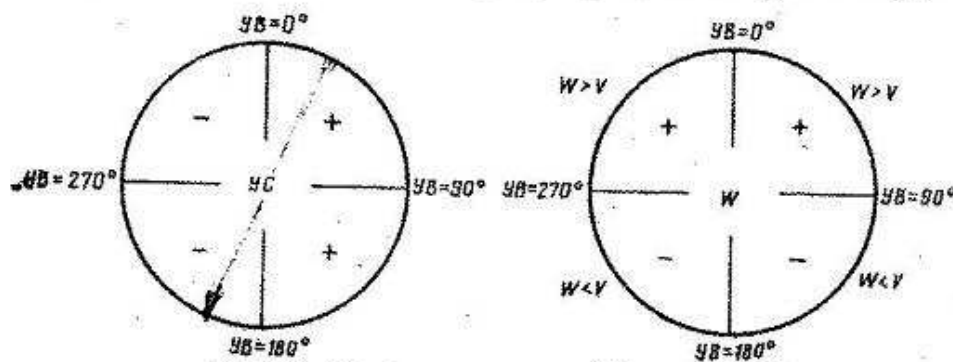


Рис. 7.7. Правила определения W и знаков YC

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 $= 100^\circ$; $\delta = 40^\circ$. 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 больше 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.