

**МИНИСТЕРСТВО ТРАНСПОРТА РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ**  
**ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ**  
**ВЫСШЕГО ПРОФЕССИОНАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ**  
**УЛЬЯНОВСКОЕ ВЫСШЕЕ АВИАЦИОННОЕ УЧИЛИЩЕ**  
**ГРАЖДАНСКОЙ АВИАЦИИ (ИНСТИТУТ)**

# **СРЕДНИЙ ВЕТЕР И СПОСОБЫ ЕГО ОПРЕДЕЛЕНИЯ**

*Учебно-методическое пособие*

**Ульяновск 2008**

ББК О571.7я7 + Ц53 я7

С75

Средний ветер и способы его определения: учебно-метод. пособие / Сост. А.Л. Киселев, А.М. Матвеев, В.В. Козлов, Ю.Е. Забураев. – Ульяновск : УВАУ ГА, 2008. – 28 с.

Рассмотрено понятие о среднем ветре, методах его определения в целях обеспечения точности и повышения эффективности боевого применения военно-транспортного самолета. Изучение методики позволяет значительно ускорить адаптацию курсантов при работе с прицельным навигационным оборудованием на тренажере и самолете, повысить степень готовности обучаемых к прохождению летной стажировки.

Предназначено для курсантов специализации 061401 – Применение подразделений, частей и соединений ВТА на трубовинтовых и реактивных самолетах и 061900 – Штурманская авиация (кроме морской).

Печатается по решению Редсовета училища.

## ОГЛАВЛЕНИЕ

1. Понятие о среднем ветре .....	3
2. Способы определения среднего ветра .....	6
2.1. Определение среднего ветра с помощью наземных средств .....	7
2.2. Неавтоматизированные способы определения среднего ветра .....	9
2.3. Автоматизированные способы определения среднего ветра с использованием ПНПК-76 .....	14
3. Точность измерения среднего ветра .....	24
Библиографический список .....	27

## 1. ПОНЯТИЕ О СРЕДНЕМ ВЕТРЕ

Ветер является важнейшим элементом, используемым при навигационных и инженерно-штурманских расчетах.

Особенностью общего распределения воздушных течений в атмосфере в умеренных широтах Северного полушария является наибольшее изменение вектора ветра в нижних слоях атмосферы (10 – 500 м), где среднее значение скорости ветра увеличивается примерно в два раза, в слое же от 500 до 1500 м наблюдается замедление его изменения.

В Северном полушарии вектор ветра с высотой увеличивается, одновременно изменяя направления поворотом его вправо ( $\approx 0,03^\circ$  на 1 м). При этом до определенной высоты (100 – 250 м) направление ветра практически не меняется, а скорость резко возрастает. Далее начинается поворот вектора ветра вправо и на высоте 400 – 800 м отклонения градиентного ветра по скорости не превышают 10 – 15 %, а по направлению –  $\pm 10^\circ$  от действительного.

*Градиентным ветром* называется установившееся горизонтальное движение воздуха при отсутствии силы трения о земную поверхность. Он дует таким образом, что в Северном полушарии изобара с меньшим давлением остается всегда слева (в Южном – справа). После  $H = 400 - 800$  м вектор ветра продолжает расти, поворачивая вправо, затем рост скорости прекращается, и на  $H = 1000 - 2000$  м вектор ветра практически совпадает с вектором градиентного ветра. Этот слой атмосферы принято называть *пограничным слоем*. Направление градиентного ветра совпадает с направлением изогипс на картах барической топографии абсолютных высот изобарических поверхностей (карты АТ) (рис. 1).

В реальных условиях десантирования на медленно падающее тело (МПТ) с момента отделения от самолета и до момента приземления воздействует ветер, скорость и направление которого изменяются во времени, в пространстве и зависят от высоты над земной поверхностью, географического района, времени года и суток, распределения атмосферного давления по поверхности Земли.

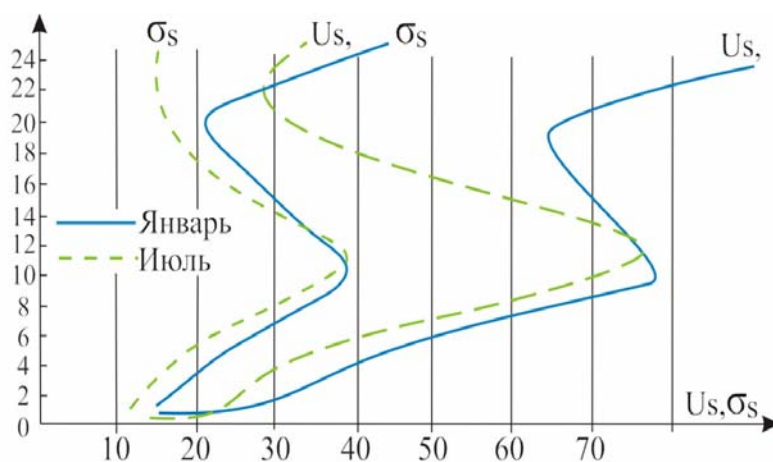


Рис. 1. Средние скорости и средноквадратические отклонения ветра зимой и летом над территорией Европы и западной части Азии

Траектория снижения при этом будет представлять собой сложную пространственную кривую. Под воздействием ветра МПТ приобретает дополнительное горизонтальное перемещение, называемое *сносом* ( $Z$ ). Для упрощения учета сноса вводится понятие *среднего ветра*.

Под *средним ветром* понимается фиктивный ветер, постоянный по величине и направлению, эквивалентный всем ветрам, действующим на МПТ во всем слое десантирования (от высоты выброски до приземления).

За направление среднего ветра принимается метеорологическое направление ветра, измеренное от северного истинного меридиана до направления «откуда дует» ветер. Для выполнения навигационных расчетов метеорологическое направление ветра переводят в навигационное направление («куда дует» ветер), изменяя метеорологическое направление ветра на  $180^\circ$ . В самолетовождении направление ветра измеряется от того же меридиана, от которого измеряется курс самолета. Скорость ветра измеряется в м/с и км/ч.

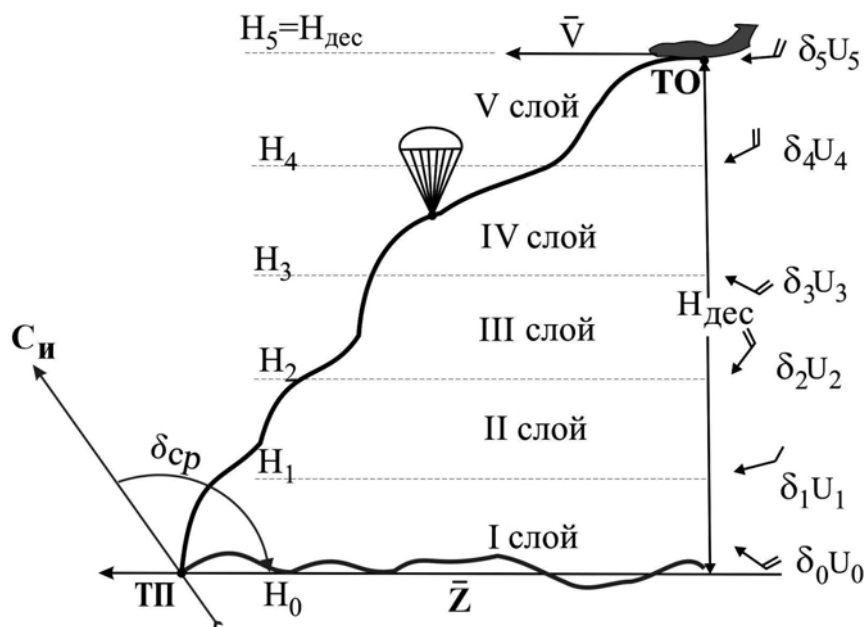
Наибольший удельный вес в общей ошибке вычислений вектора суммарного сноса МПТ имеют ошибки за счет погрешностей в определении составляющих среднего ветра на участке снижения на основных куполах, являющиеся следствием ошибок методического характера, инструментальных погрешностей, и ошибок, вызванных изменчивостью ветра.

Логарифмический закон справедлив при следующих условиях:

- Согласно линейному закону изменения направления,

где  $\Delta\delta_{\text{гр}} = 0,03$  (град/м) – градиент изменения направления ветра с ростом высоты.

Средний ветер в слое воздушной массы определяется путем осреднения направлений и скоростей ветра, измеренных на нескольких высотах (уровнях), равноотстоящих друг от друга (рис. 2).



Зная направление и скорость ветра на промежуточных высотах, можно аналитически или графически (на ветрочете) рассчитать направление и скорость среднего ветра в слое воздушной массы, находящейся под самолетом.

*Аналитический расчет* выполняется в таком порядке:

1. Определяется средний ветер в слоях, лежащих между двумя соседними уровнями, на которых известен ветер:

$$\delta_I = \frac{\delta_0 + \delta_1}{2}; \delta_{II} = \frac{\delta_1 + \delta_2}{2}; \delta_N = \frac{\delta_{N-1} + \delta_N}{2};$$
$$U_I = \frac{U_0 + U_1}{2}; U_{II} = \frac{U_1 + U_2}{2}; U_N = \frac{U_{N-1} + U_N}{2}.$$

Если направление и скорость ветра у земли неизвестны, то для расчетов берется:

$$\delta_0 = \delta_1, U_0 = 0,9U_1;$$

$$\delta_1 = \delta_I, U_I = 0,95U_1.$$

2. Определяется средний ветер всего слоя:

$$\delta_{cp} = \frac{\delta_I + \delta_{II} + \dots + \delta_N}{N}; U_{cp} = \frac{U_I + U_{II} + \dots + U_N}{N}.$$

*Графический расчет* выполняется на ветрочете или навигационном расчетчике. Ветрочет предложен штурманом Б. В. Стерлиговым в 1926 году и позволяет, кроме определения ветра, рассчитать курс следования самолета, фактический путевой угол, угол сноса и путевую скорость.

## 2. СПОСОБЫ ОПРЕДЕЛЕНИЯ СРЕДНЕГО ВЕТРА

Существующие в настоящее время способы определения среднего ветра основаны на результатах обработки данных о положении поднимающегося или снижающегося медленно падающего тела или на законах распределения ветров с высотой. Средний ветер может быть определен следующими способами:

1. С помощью наземных средств:

- методом радиозондирования шаропилотных наблюдений;
- по синоптическим картам.

2. С помощью бортовых неавтоматизированных средств:

- методом «Пристрелка»;
- полетом на баллистической высоте;
- полетом на высоте десантирования (способ прогнозирования);
- на различных видах маневра по высоте (на промежуточных высотах).

3. С помощью бортовых автоматизированных средств (пилотажно-навигационного прицельного комплекса ПНПК-76):

- полетом на баллистической высоте;
- методом интегрирования ветра по высоте;
- полетом на высоте десантирования;
- вводом среднего ветра в ПНПК-76.

## **2.1. Определение среднего ветра с помощью наземных средств**

### **2.1.1. Метод радиозондирования (шаропилотных наблюдений)**

Основным методом определения ветра на высотах в метеорологических подразделениях является метод *шаропилотных* наблюдений. Он дает возможность определить ветер на высотах независимо от видимости, т. е. в тумане, облаках и за облаками.

Его точность характеризуется величиной среднеквадратического радиально-го отклонения, равного  $\sigma r_{\text{изм}} = 3 - 4$  м/с.

*Шаропилотные* наблюдения выполняют специалисты метеопоста, который входит в состав комендатуры десантного обеспечения. КДО десантируется на площадку приземления экипажем отряда наведения (рис. 3).

Перед запуском шар-пилот закачивается газом до определенного объема (диаметра), а из баллистических таблиц выбирается  $V_{\text{в}}$  подъема шара. В момент пуска шара включается секундомер, а наблюдение за подъемом осуществляется с помощью теодолита.

При достижении шаром высоты десантирования или промежуточных высот производится отсчет азимута ( $A$ ) и вертикального угла ( $ВУ$ ), по которым и определяются направление среднего ветра ( $\delta_{ср}$ ) и его скорость ( $U$ ). Необходимо помнить, что этот ветер измеряется от истинного меридиана в сторону «откуда дует» ветер.

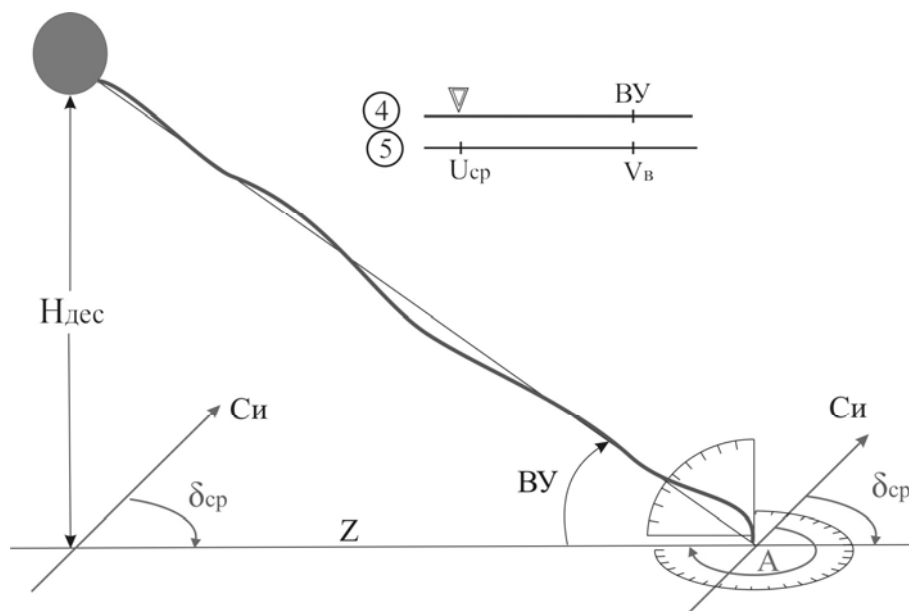


Рис. 3. Определение среднего ветра методом шаропилотных наблюдений

$$\operatorname{tg} ВУ = \frac{H}{Z}; H_{\text{дес}} = V_{\text{в}} \cdot t_{\text{под}}; Z = U_{\text{ср}} \cdot t_{\text{под}}; \operatorname{tg} ВУ = \frac{V_{\text{в}} \cdot t_{\text{под}}}{U_{\text{ср}} \cdot t_{\text{под}}};$$

$$U_{\text{ср}} = \frac{V_{\text{в}}}{\operatorname{tg} ВУ}; \delta_{\text{ср}} = A \pm 180^{\circ}.$$

Точность определения  $\delta_{ср}$  данным методом составляет  $\sigma r_{\text{изм}} = 2 - 3$  м/с.

Достоинства этого метода заключаются в простоте и оперативности получения необходимой информации.

Недостатки:

- необходимость наличия метеопоста на площадке десантирования, что не всегда возможно в условиях боевых действий;
- применение этого способа только в ПМУ, когда высота десантирования меньше высоты нижней границы облаков;
- в ночных условиях необходимость подсветки шара, шкал теодолита.



### **2.1.2. Определение среднего ветра по синоптическим картам**

При отсутствии данных измерений ветра и особенно при обеспечении маршрутных полетов для оценки режима ветра на высотах необходимо использовать карты барической топографии абсолютных высот изобарических поверхностей (карты АТ), которые составляются для уровней атмосферы с одинаковым давлением и с некоторым интервалом давлений.

По картам АТ можно оценить режим ветра на следующих высотах: 1,5 км – по картам АТ 850 (высота 1,5 км соответствует давлению 850 мб); 3 км – АТ 700; 5,5 км – АТ 500; 7 км – АТ 400; 9 км – АТ 300; 12 км – АТ 200; 16 км – АТ 100; 20 – 22 км – АТ 50.

Оценка режима ветра по картам АТ основывается на понятии градиентного ветра.

При выброске грузов с больших высот направление и скорость ветра по высотам в районе десантирования берутся непосредственно из карт. Средний ветер рассчитывается обычным способом. Направление ветра измеряется от истинного меридиана в направлении «откуда дует» ветер. Но так как раскрытие основных куполов (а, следовательно, и основной снос) начинается на высоте 1500 м, точно определить средний ветер не представляется возможным.

## **2.2. Неавтоматизированные способы определения среднего ветра**

### **2.2.1. Метод «Пристрелка»**

Этот метод, как правило, применяется в условиях горной местности при ограниченной возможности выполнения вертикального маневра самолетами (рис. 4). Для пристрелки используется МПТ, скорость снижения которого точно известна. Это может быть ПТП-2 (пристрелочный тренировочный парашют), ПДММ (парашютно-десантный мягкий мешок) или парашютист, который не должен маневрировать при снижении. Купол пристрелочного парашюта должен

легко обнаруживаться с воздуха после приземления (летом – белый купол, зимой – цветной). Скорость снижения ( $V_{\text{сн}}$ ) может быть определена и по времени снижения ( $T_{\text{сн}}$ ).

Сущность данного метода заключается в том, что, пролетая над характерным ориентиром, экипаж сбрасывает МПТ и включает секундомер. Затем для определения направления скорости ветра выполняется маневр для выхода на этот ориентир и пролета по створу «ориентир – точка приземления». Курс самолета при этом будет равен направлению скорости ветра. Выключив секундомер над точкой приземления парашюта, штурман по известной путевой скорости и времени пролета этой базы ( $t_6$ ) определяет величину сноса, а по величине сноса ( $Z$ ) и времени снижения ( $T_{\text{сн}}$ ) – скорость среднего ветра. Величину сноса можно измерить по вертикальному углу парашюта, измеренному над ориентиром выброски.

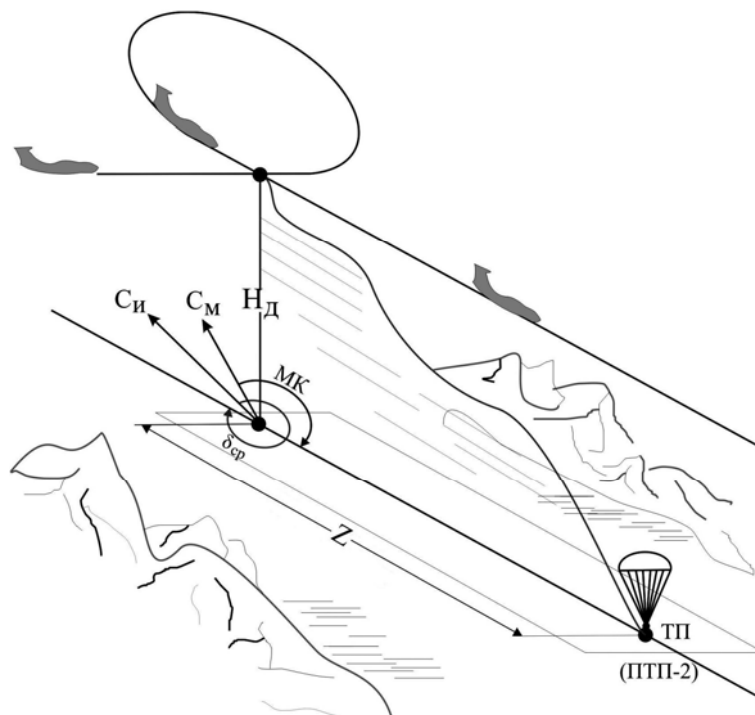


Рис. 4. Определение среднего ветра методом «Пристрелка»

$$Z = W \cdot t; \quad Z = \frac{H}{\operatorname{tg} \delta_{\text{сп}}}; \quad \delta_{\text{сп}} = MK + (\pm \gamma C) \pm \Delta M \pm 180^\circ;$$

$$\delta_{\text{сп}} = OK + (\pm \gamma C) - (\pm \Delta A) \pm 180^\circ;$$

$$U_{\text{сп}} = \frac{Z_{\text{сн}}}{T_{\text{н}}} = \frac{Z_{\text{сн}} \cdot V_{\text{сн}}}{H}, \quad Z = W \cdot t_6 = U_{\text{сп}} \cdot T_{\text{сп}}.$$

Точность определения  $\delta_{\text{ср}}$  данным методом составляет  $\sigma r_{\text{изм}} = 2$  м/с.

Достоинства этого метода заключаются в простоте, автономности и высокой точности получения необходимой информации.

Недостатки:

- необходимость выделения специального самолета-разведчика;
- применение этого способа возможно только в ПМУ (в СМУ применение этого способа затруднено);
- сравнительно большие затраты времени для определения среднего ветра.

### 2.2.2. Полет на баллистической высоте

*Баллистической высотой* называется высота, на которой направление и скорость ветра равны направлению и скорости среднего ветра в слое снижения МПТ на основных куполах.

Многочисленные измерения доказывают, что при десантировании с высот 400 – 1200 м баллистическая высота равна 0,3 – 0,5 высоты снижения на основных куполах. Величина коэффициента зависит от типа парашютной системы и вида МПТ. При выброске личного состава с высот 600 – 1200 м можно принять  $H_{\text{балл}} = H_{\text{дес}} / 3$ ; тогда для определения среднего ветра достаточно измерить ветер на высоте, равной 1/3 высоты десантирования, и полученный результат принять за значение среднего ветра в слое десантирования.

При полете над равнинной местностью и при спокойной атмосфере (нет мощных вертикальных потоков, вблизи района измерения не проходят атмосферные фронты) этот способ дает результаты, обеспечивающие хорошую точность выполнения десантирования.

### 2.2.3. Способ прогнозирования

Средний ветер способом прогнозирования определяется путем умножения величин направления и скорости ветра на высоте десантирования на некоторый коэффициент:

$$\delta_{\text{ср}} = K_1 \cdot \delta_{\text{н}};$$

$$U_{\text{ср}} = K_2 \cdot U_{\text{н}}.$$

Значения коэффициентов определяются путем обработки статистических данных. Они различны для разной местности (равнинной, холмистой, предгорий) и для разных времен года. Этот метод дает вполне удовлетворительные результаты и освобождает экипаж от необходимости выполнять маневр перед площадкой десантирования.

#### **2.2.4. Измерение ветра на промежуточных высотах**

Для определения среднего ветра на промежуточных высотах высота десантирования разбивается на несколько слоев; обычно берутся слои по 200 м. Например, при десантировании с высоты 1000 м ветер промеряется на высотах 200, 400, 600 и 800 м. Для измерения ветра на промежуточных высотах применяется несколько видов маневра:

- горизонтальный полет на промежуточных высотах;
- непрерывное снижение до наименьшей высоты измерения;
- непрерывный набор от наименьшей высоты измерения до высоты выброски;
- непрерывное снижение и непрерывный набор с постоянной вертикальной скоростью (режим «Снижение – Набор»).

Наиболее целесообразными являются режимы *«Непрерывный набор»* и *«Снижение – Набор»*.

#### **Определение среднего ветра на маневре «Непрерывный набор»**

Маневр «Непрерывный набор» применяется в том случае, когда полет к площадке десантирования производится на малой высоте (100 – 200 м), а десантирование выполняется с большей высоты. При выполнении маневра выдерживается постоянная воздушная скорость. Штурман на промежуточных высотах записывает в таблицу показания приборов и измерений (курс,  $V_{пр}$ ,  $W$ , УС,  $t_H^\circ$ ). Для момента измерения рассчитывается истинная скорость и по значениям курса,  $V_{ист}$ ,  $W$  и УС на ветрочете (расчетчике) рассчитывается ветер. Средний ветер определяется графическим или аналитическим способом.

## Определение среднего ветра на маневре «Снижение – Набор»

Маневр «Снижение – Набор» (рис. 5) применяется в том случае, если полет к площадке десантирования производится на высоте, большей, чем высота десантирования, или равной ей. При этом данные для расчета ветра на участке снижения целесообразно снимать на высотах, отличающихся друг от друга на 400 м, а в наборе – на промежуточных высотах. Например, при высоте полета (высоте десантирования), равной 1000 м, на участке снижения, записываются данные на высотах 1000, 600 и 200 м, а на участке набора – на высотах 400 и 800 м.

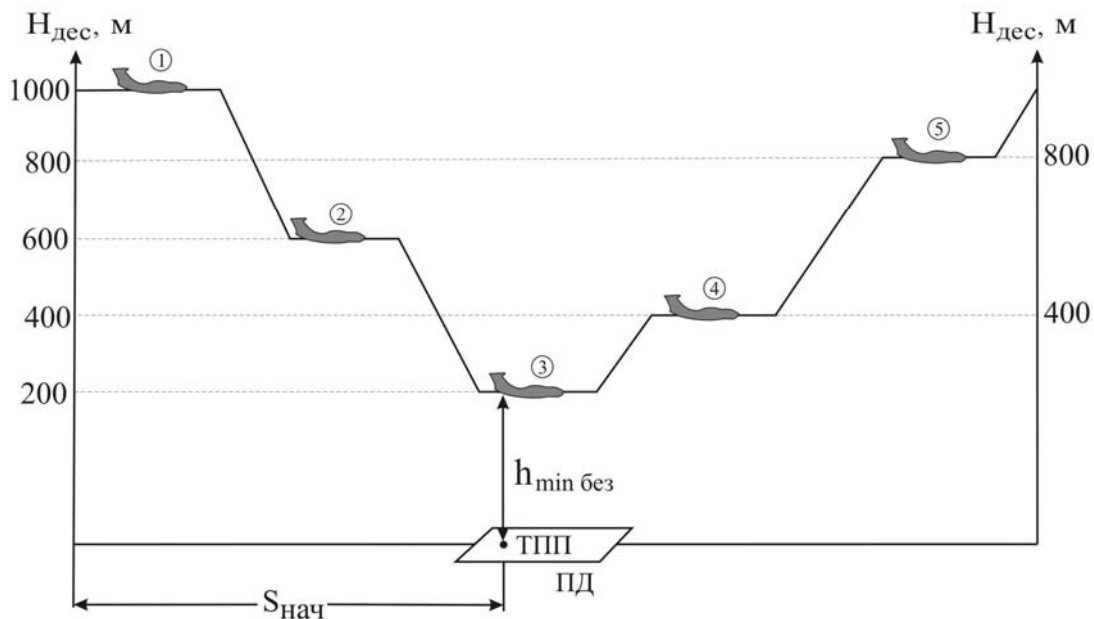


Рис. 5. Определение среднего ветра маневром «Снижение – Набор»

Маневр начинается на расстоянии начала маневра ( $S_{\text{нач}}$ ) от площадки десантирования, которое определяется как:

$$S_{\text{нач}} = \left( \frac{n \cdot t_{\text{изм}}}{2} + \frac{H - h_{\text{min}}}{V_{\text{в}}} \right) \cdot V,$$

где  $n$  – число измерений;

$t$  – время одного измерения (20 – 30 с);

$V_{\text{в}}$  – вертикальная скорость снижения.

На этом расстоянии от площадки приземления определяется ветер на высоте десантирования, затем производится снижение с  $V_{\text{в}} = 5 - 8$  м/с до следующей промежуточной высоты и выполняется горизонтальная площадка с последующим снижением. Маневр рассчитывается таким образом, чтобы среднее измерение

было произведено над площадкой десантирования на  $H_{\min}$ , после чего самолет переводится в набор с замером ветра на других промежуточных высотах.

Штурман на промежуточных высотах записывает в таблицу (табл. 1) показания приборов и измерений (курс,  $V_{\text{пр}}$ ,  $W$ , УС,  $t_{\text{н}}^{\circ}$ ), определяет истинную скорость и по значениям курса,  $V_{\text{ист}}$ ,  $W$  и УС на ветрочете (расчетчике) рассчитывает средний ветер.

Таблица 1

**Таблица показаний и измерений для расчета среднего ветра**

$H$ , м	$t_{\text{н}}$	$V_{\text{пр}}$	$V_{\text{ист}}$	$K$	УС	$W$	$\delta_{\text{н}}$	$U_{\text{н}}$
1000								
600								
200								
400								
800								

Продолжительность одного измерения среднего ветра на каждой промежуточной высоте, в зависимости от опыта штурмана, равна 20 – 30 с.

Точность определения  $\delta_{\text{ср}}$  данным методом составляет  $\sigma_{r_{\text{изм}}} = 2,35$  м/с.

### **2.3. Автоматизированные способы определения среднего ветра с использованием ПНПК-76**

Для определения вектора суммарного относа необходимо знать средний ветер в слое снижения десантируемого объекта. Методика определения среднего ветра и его учета при парашютном десантировании, принятая в системе «Купол», сводится к следующему:

- за вектор ветра в слое падения МПТ (слой стабилизации) принимается ветер, измеренный на высоте десантирования;

- в слое снижения МПТ на основных куполах средний ветер определяется в зависимости от условий полета при подходе к району выброски и в районе десантирования по одному из вариантов:

- измерением ветра на баллистической высоте;
- измерением ветра способом интегрирования;
- измерением ветра на высоте десантирования по прогностическим данным;
- вводом среднего ветра в ПНПК-76.

Указанные способы автономны. Реализуются с помощью ПНПК-76. Они различны по точности и каждый из них выбирается в зависимости от тактической и навигационной обстановки в районе десантирования. Кроме того, в ПНПК-76 предусмотрен ввод среднего ветра, измеренного неавтономными способами.

### **2.3.1. Условия и методика определения среднего ветра на баллистической высоте**

Метод основан на гипотезе о логарифмическом законе изменения скорости ветра с высотой и предполагает, что в слое снижения десантируемого объекта существует такая баллистическая высота ( $h_{\text{бал}}$ ), скорость ветра на которой эквивалентна скорости среднего ветра в слое десантирования.

Определение скорости среднего ветра на баллистической высоте (рис. 6) с помощью ПНПК-76 осуществляется в три этапа:

- определение баллистической высоты ( $h_{\text{бал}}$ );
- определение составляющих скорости среднего ветра на баллистической высоте;
- пересылка информации о скорости среднего ветра в блок «Вычисления полного отношения груза».

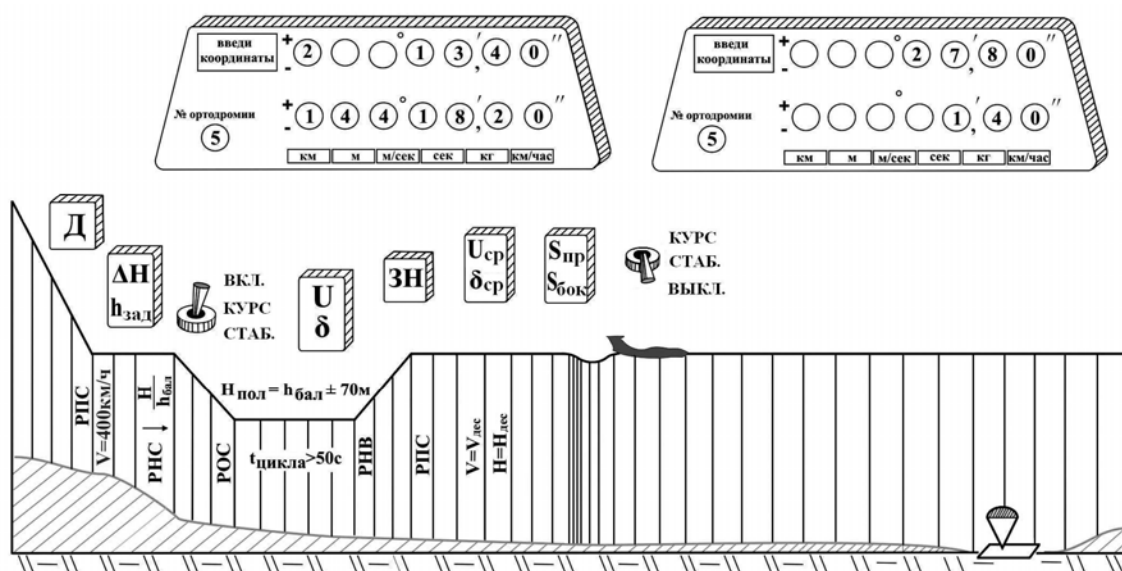


Рис. 6. Определение среднего ветра на баллистической высоте

### Порядок определения среднего ветра

1. Ввести (проверить) баллистические данные в планшет десантирования (табл. 2) в зависимости от способа определения ТНВ (по «универсальной» или «упрощенной» программе).

Таблица 2

Планшет десантирования

Обозначение		$q$	$S_{\text{в}}$	$V\rho_0$	$t_{\text{п}}$	$t_{\text{выб}}$	$h_{\text{зад}}$	$V_{\text{пр}}$	$\Delta H_{\text{д}}$	$\Delta H$	$A_0$	$t_{\text{зад}}$	$\delta_{\text{ср}}$	$U_{\text{ср}}$	$H_{\text{нап}}$
Размерность		-	-	м/с	с	с	м	м/с	м	м	м	с	гр	м/с	м
Код		361	362	363	364	365	366	367	370	372	373	374	356	377	405
Величина	Универ.	1,9	200	56,5	2,75	22	900	7	200	400	-	5	180	8,2	300
	Упрощ.	-	-	-	16	22	-	-	200	-		7	180	8,2	1000
Обозначение					$t_{\text{п}}$	$t_{\text{выб}}$			$\Delta H_{\text{д}}$		$A_0$	$t_{\text{зад}}$	$\delta_{\text{ср}}$	$U_{\text{ср}}$	Признак

2. Нажать клавишу Д на панели управления штурмана – решается задача вычисления баллистической высоты по формуле

$$h_{бал} = \frac{H_{сн} - \Delta H}{K_{бал}} + \Delta H,$$

где  $K_{бал}$  – баллистический коэффициент (зависит от типа парашютной системы) ( $K_{бал} = 3,4$  при  $H_{нап} < 180$  м – для парашютистов;  $K_{бал} = 2,3$  при  $H_{нап} \geq 180$  м – для платформы);



$H_{\text{сн}}$  – высота снижения МПТ на основных куполах (отсчитывается от уровня площадки десантирования) ( $H_{\text{сн}} = h_{\text{бал}} - H_{\text{нап}}$  при  $H_{\text{нап}} < 5000$  м – «универсальная» программа;  $H_{\text{сн}} = h_{\text{зад}}$  при  $H_{\text{нап}} \geq 5000$  м – «упрощенная» программа).

$\Delta H$  – превышение площадки десантирования над уровнем моря.

3. Нажать клавишу « $\Delta H/h_{\text{бал}}$ » на панели управления штурмана и прочитать в нижнем ряду цифрового индикатора панели индикации штурмана  $h_{\text{бал}}$ .

4. Занять высоту полета, равную  $h_{\text{бал}}$ , и выдержать ее при работающем ДИСС-013-С2М в течение цикла (не менее 50 с), необходимого для осреднения текущего ветра на баллистической высоте. Промер заканчивается автоматически после перевода самолета в набор высоты десантирования и при устойчивой работе ДИСС и выдерживании баллистической высоты с ошибкой не более  $\pm 70$  м в течение времени цикла (50 – 90 с).

5. Занять высоту десантирования и нажать клавишу ЗН или ПН. При завершнном промере ветра на баллистической высоте неупомянутых клавиш «Ввод ветра» и «Измерение ветра» вычисляются составляющие векторов скорости среднего ветра и суммарного отношения десантируемого объекта.

6. Нажать клавишу  $U_{\text{ср}}/\delta_{\text{ср}}$  и на цифровом индикаторе штурмана прочесть скорость и истинное навигационное направление среднего ветра. В левом окне верхнего ряда прочесть цифру 2 – признак определения среднего ветра на баллистической высоте.

**Примечания:** 1. Баллистическая высота рассчитывается и средний ветер на ней измеряется правильно, если точно определены и введены в ОЗУ УВК данные планшета десантирования, т.е.  $H_{\text{нап}}$ ,  $h_{\text{зад}}$ ,  $\Delta H$ .

2. При выброске различных десантируемых объектов баллистическая высота будет различной, разной будет и скорость среднего ветра в слое снижения.

### Условия применения способа

1. При десантировании в равнинной местности, в условиях стационарного состояния атмосферы, с высоты не более 800 м.

2. При значении баллистической высоты, больше минимальной безопасной высоты полета на участке измерения ветра, и выдерживании ее с ошибкой не более  $\pm 70$  м в течение цикла не менее 50 с.

3. При использовании «упрощенной» и «универсальной» программ определения ТНВ.

Точность (средняя квадратическая радиальная ошибка) определения скорости среднего ветра на баллистической высоте в равнинной местности в условиях стационарного состояния атмосферы и для высот десантирования до 800 – 1000 м составляет  $\sigma_{r_{изм}} = 2,3$  м/с. Точность индикации составляет:  $\Delta H = \pm 1$  м;  $h_{бал} = \pm 1$  м.

### 2.3.2. Условия и методика определения среднего ветра методом интегрирования ветра по высоте

Данный способ применяется при полете к площадке десантирования на предельно малых и малых высотах с дальнейшим набором высоты десантирования, или когда закон изменения ветра с высотой отличается от логарифмического.

Сущность определения среднего ветра методом интегрирования (рис. 7) текущего ветра по высоте заключается в непрерывном зондировании слоя снижения десантируемого объекта доплеровским измерителем скорости и сноса ДИСС-013-С2М и системой воздушных сигналов СВС-1-72-1В. Составляющие скорости среднего ветра получаются в результате пропорционального суммирования составляющих скорости среднего ветра в слое от площадки приземления до минимально безопасной высоты и до высоты начала снижения десантируемого объекта.

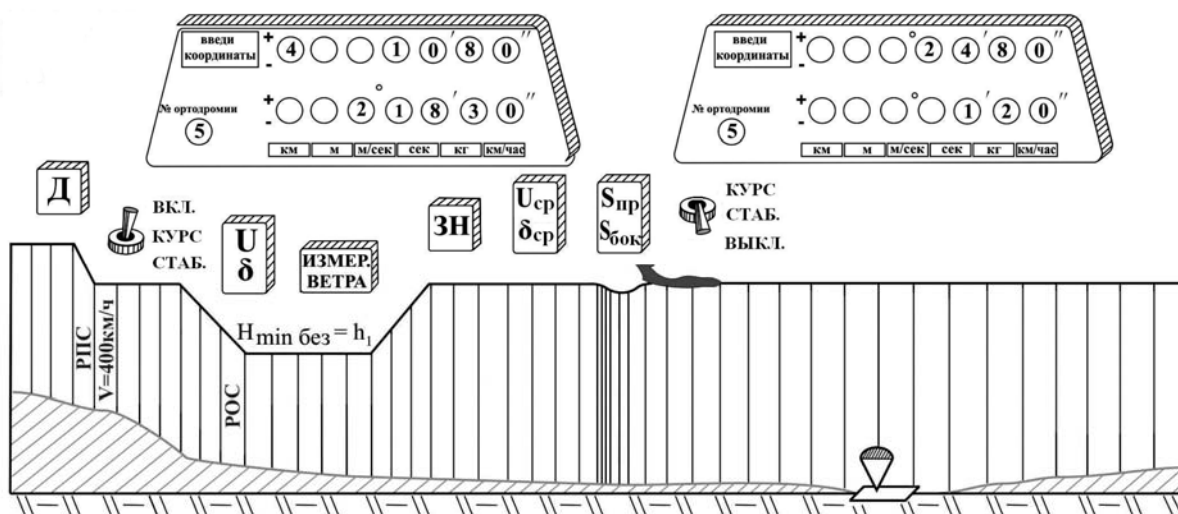


Рис. 7. Определение среднего ветра методом интегрирования

## Порядок определения среднего ветра

1. Ввести (проверить) баллистические данные в планшете десантирования.

2. Нажать клавишу Д и занять минимально безопасную высоту. При устойчивой работе ДИСС-О13-С2М нажать клавишу ИЗМЕРЕНИЕ ВЕТРА на панели управления штурмана. При этом вычисляются составляющие скорости среднего ветра в слое от площадки приземления до  $H_1$  по формулам:

$$U_{x_{cp}} = U_{x_{H_1}} \cdot 0,92 + \frac{1}{H_{сн} - H_1} \cdot \int_{H_1}^{H_{сн}} U_x dH ;$$
$$U_{z_{сн}} = U_{z_{H_1}} \cdot 0,92 + \frac{1}{H_{сн} - H_1} \int_{H_1}^{H_{сн}} U_z dH ,$$

где  $U_{x_{H_1}}$  и  $U_{z_{H_1}}$  – составляющие скорости среднего ветра на минимально безопасной высоте ( $H_1$ ).

3. Перевести самолет в набор высоты с вертикальной скоростью 5 – 8 м/с. При этом производится суммирование произведений составляющих скорости ветра на толщину.

4. По достижении высоты начала снижения десантируемого объекта ( $H_2$ ), рассчитываемой по формуле, или при нажатии клавиши ЗН или ПН суммирование прекращается, и вычисляются составляющие скорости среднего ветра в слое от минимально безопасной высоты ( $H_1$ ) до высоты начала снижения десантируемого объекта ( $H_2$ ).

$$U_{x_{cp2}} = \frac{1}{H_{сн} - H_1} \cdot \int_{H_1}^{H_{сн}} U_x dH; \quad U_{z_{cp2}} = \frac{1}{H_{сн} - H_1} \cdot \int_{H_1}^{H_{сн}} U_z dH.$$

5. После нажатия клавиши ЗН или ПН уточняется высота начала снижения десантируемого объекта ( $H_{сн}$ ) и вычисляются составляющие скорости среднего ветра в слое снижения десантируемого объекта.

6. Нажать клавишу  $U_{cp}/\delta_{cp}$  и на цифровом индикаторе штурмана прочитать скорость и истинное навигационное направление среднего ветра. В левом окне верхнего ряда прочитать цифру 4 – признак определения среднего ветра методом интегрирования ветра по высоте.

## Условия применения способа

1. При использовании «универсальной» и «упрощенной» программ определения ТНВ. В первом случае значение  $h_{\text{зад}}$  вводить меньше (равное) значения высоты срабатывания временного датчика. Во втором случае значение вводить  $h_{\text{зад}}$ , равное значению высоты начала снижения десантируемого объекта.

2. При подходе к площадке приземления (району десантирования) преимущественно на малой (предельно малой) высоте и при десантировании с высот более 800 – 1000 м в условиях высокой турбулентности атмосферы.

3. При полете в установившемся режиме (постоянной скорости полета и скорости набора высоты) и нажатии клавиши ЗН или ПН после пересечения высоты начала снижения десантируемого объекта. Вычисление среднего ветра не производится, если интегрирование ветра по высоте прервано более чем за 100 м до  $H_2 = H_{\text{сн}}$ .

Точность (средняя квадратическая радиальная ошибка) определения среднего ветра методом интегрирования ветра по высоте очень высокая и составляет  $\sigma r_{\text{изм}} = 1,7$  м/с.

### 2.3.3. Условия и методика определения среднего ветра полетом на высоте десантирования

Метод определения среднего ветра полетом на высоте десантирования (*метод прогнозирования*) (рис. 8) основан на гипотезе о логарифмическом законе изменения ветра с высотой. Он позволяет получить хорошие результаты только над равнинной местностью и при стационарном состоянии атмосферы, используется он в случаях невозможности определения среднего ветра другими точными способами.

#### Порядок определения среднего ветра

1. Ввести (проверить) баллистические данные в планшет десантирования.
2. В установившемся полете последовательно нажать клавиши Д и ЗН или ПН. При неутопленных клавишах ВВОД ВЕТРА и ИЗМЕРЕНИЕ ВЕТРА и

устойчивой работе ДИСС-013-С2М составляющие скорости среднего ветра рассчитываются по формулам:

$$U_{x_{cp}} = 1,2 \cdot \frac{U_{x_n}}{U_{z_n}} + 0,76 \cdot U_{x_n}; \quad U_{z_{cp}} = 1,2 \cdot \frac{U_{z_n}}{U_{H_{дес}}} + 0,76 \cdot U_{z_n}; \quad \delta_{cp} = \delta_n.$$

где  $U_{x_n}$ ,  $U_{z_n}$  – составляющие скорости ветра на высоте десантирования.

3. Нажать клавишу  $U_{cp}/\delta_{cp}$  и на цифровом индикаторе штурмана прочесть скорость и истинное навигационное направление среднего ветра. В левом окне верхнего ряда прочесть цифру 1 – признак определения среднего ветра методом прогнозирования.

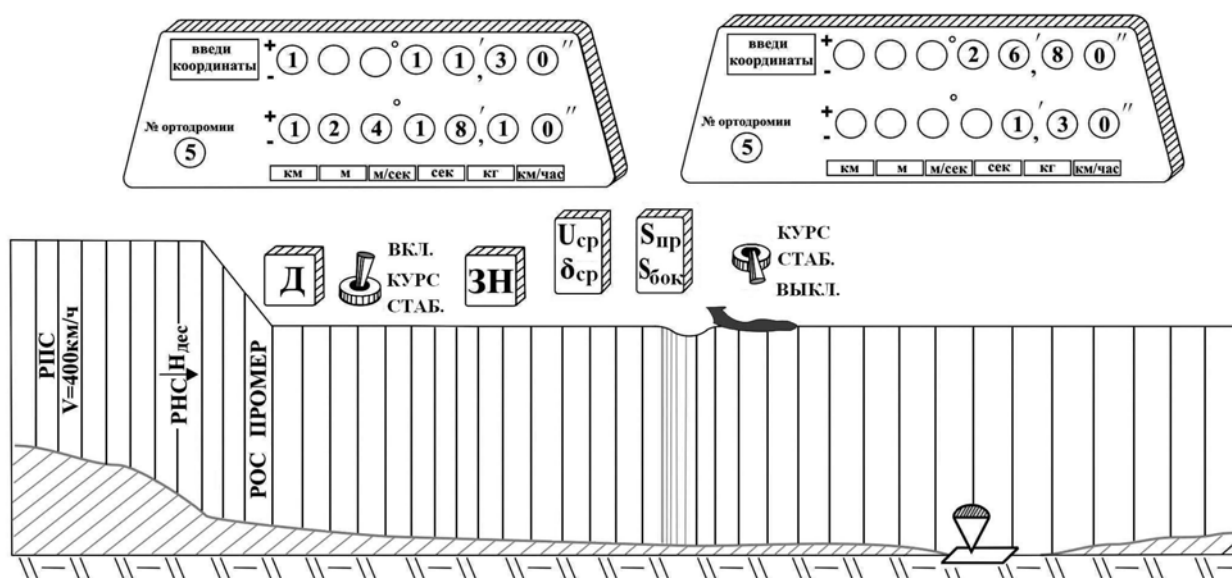


Рис. 8. Определение среднего ветра методом прогнозирования

### Условия применения способа

1. При десантировании в равнинной местности, в условиях стационарного состояния атмосферы, с высоты не более 600 – 800 м.
2. При отсутствии решения задачи определения среднего ветра другим способом и ненажатых клавишах «измерение ветра» и «ввод ветра».
3. При использовании «упрощенной» и «универсальной» программ определения ТНВ.

Точность (средняя квадратическая радиальная ошибка) определения среднего ветра методом прогнозирования составляет  $\sigma r_{изм} = 2,9$  м/с.

### 2.3.4. Ввод среднего ветра в ПНПК-76

В ПНПК-76 предусмотрена возможность ввода с пульта управления штурмана скорости и истинного навигационного направления среднего ветра, измеренного другими неавтономными способами (по результатам наблюдения за шар-пилотом, пристрелкой и др.). Вводу среднего ветра отдается предпочтение перед автономными способами определения среднего ветра. Он может быть осуществлен на любом этапе решения задачи прицеливания. Для этого необходимо в ячейки 356 и 377 ОЗУ УВК ввести значения истинного навигационного направления и скорости среднего ветра и нажать клавиши Д и ВВОД ВЕТРА. После нажатия клавиши ЗН или ПН составляющие среднего ветра вычисляются по формулам:

$$U_{\text{сн}_x} = U_{\text{ср}} \cdot \cos(\delta_{\text{ср}} - \text{ЗПУ} - \Delta A_{\text{Т}}); \quad U_{\text{сн}_z} = U_{\text{ср}} \cdot \sin(\delta_{\text{ср}} - \text{ЗПУ} - \Delta A_{\text{Т}}),$$

где  $U_{\text{ср}}$  и  $\delta_{\text{ср}}$  – скорость и истинное навигационное направление среднего ветра, вводимого с пульта управления штурмана;

ЗПУ – этапно-ортодромический угол захода на площадку приземления;

$\Delta A$  – текущее значение азимутальной поправки.

**Примечания:** 1. Вычисление составляющих скорости среднего ветра производится однократно после нажатия клавиши ЗН или ПН и при наличии признака Д и Б.

2. Индикация скорости и направления среднего ветра возможна только после нажатия клавишей ЗН или ПН и  $U_{\text{ср}}/\delta_{\text{ср}}$ .

3. Вычисление составляющих полного отбоя десантируемого объекта начинается с момента нажатия клавиши ЗН или ПН и производится непрерывно с интервалом 0,5 с до оставшегося расстояния до ТНВ, равного 60 м.

4. Приоритетность решения частных задач прицеливания показана графиком (рис. 9).

5. Расчеты показывают, что ошибка в определении среднего ветра в решающей степени оказывает влияние на точность десантирования. Радиус круга, в пределах которого с гарантийной вероятностью ( $P_{\text{гар}}$ ) приземлится десантируемый объект при наличии только ошибки в определении среднего ветра, можно рассчитать по следующей приближенной формуле

$$r = \sigma_{U_{\text{сн}}} \cdot T_{\text{сн}} \cdot \sqrt{-\ln(1 - P_{\text{гар}})},$$

$\sigma_{U_{\text{сн}}}$  – средняя квадратическая ошибка в определении скорости среднего ветра.

Например, при десантировании парашютистов с высоты 1000 м радиус круга гарантированного их приземления для точности определения среднего ветра 1,5 – 2,5 м/с будет находиться в пределах 480 – 801 м (см. табл. 3).

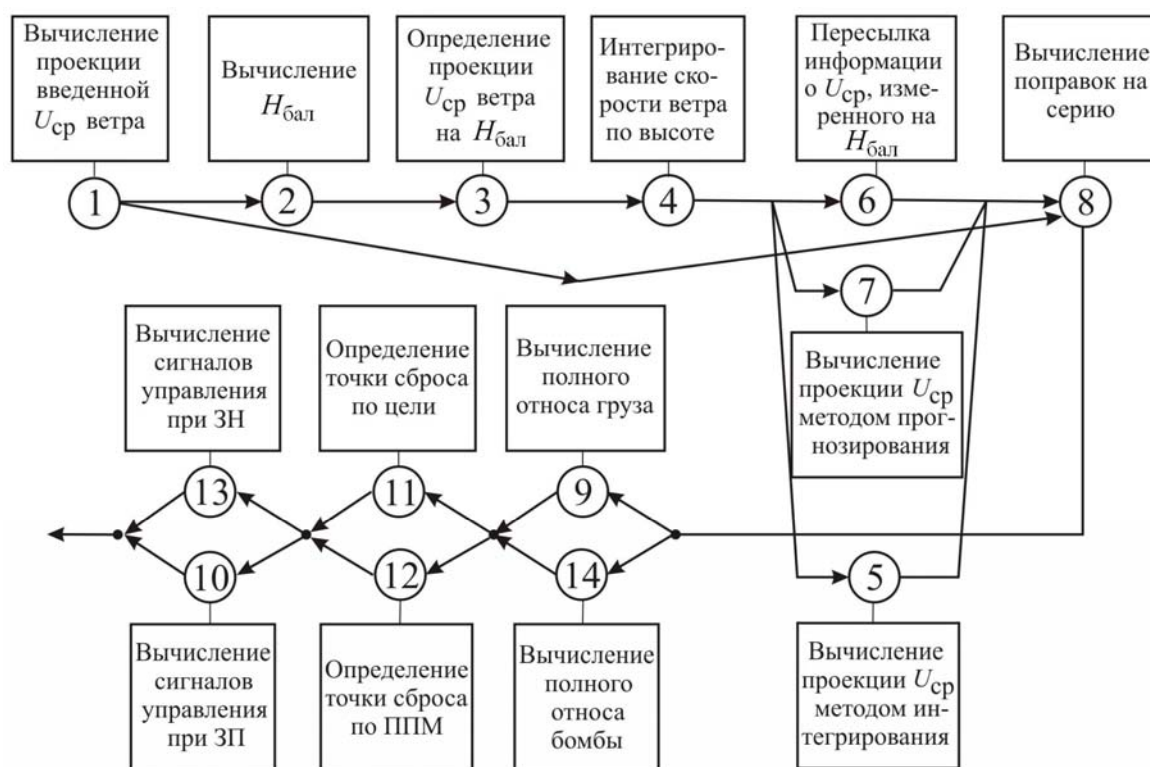


Рис. 9. График приоритетности решения частных задач прицеливания

### Таблица 3

### Таблица для определения точности среднего ветра

$P_{\text{rap}}$ \ $\sigma_{U_{\text{cp}}}$ , М/с	0,5	0,18	0,95	0,99	0,99999
1,5	231	325	480	596	942
2,0	306	469	640	794	1255
2,5	385	587	801	993	1569

### 3. ТОЧНОСТЬ ИЗМЕРЕНИЯ СРЕДНЕГО ВЕТРА

Точность измерения среднего ветра зависит от:

*а) выбранного способа определения среднего ветра* (табл. 4);

Таблица 4

**Зависимости СКО от способов определения среднего ветра**

Способ определения ср. ветра	С помощью ШПН	Способ «Пристрелки»	На промежуточных высотах	На $H_{\text{дес}}$	На $H_{\text{бал}}$	С применением ПНПК-76		
						Интегрирование	На $H_{\text{бал}}$	Прогнозирование
$\Sigma r_{U_{\text{ср}}}$ , м/с	2 – 3	2	2,35	2,5	2-3	1,7	2,9	2,9

*б) задействованного для определения ветра бортового оборудования.*

Например, средняя квадратическая ошибка составляет:

- $\sigma r_{\text{изм}} = 0,06 V_{\text{и}}$  – при использовании РБП-3,
- $\sigma r_{\text{изм}} = 0,04 V_{\text{и}}$  – при использовании НКПБ-7,
- $\sigma r_{\text{изм}} = 0,02 V_{\text{и}}$  – при использовании ДИСС;

*в) количества измерений.* Точность определения среднего ветра повышается при увеличении количества измерений и определяется по формуле

$$\sigma_{U_{\text{ср}}} = \frac{\Sigma \sigma U_{\text{ср}}}{\sqrt{n}};$$

*г) курсового угла ветра.* Ошибка измерения скорости среднего ветра уменьшается по мере увеличения курсового угла ветра и достигает минимального значения при КУВ = 90°. А ошибка по направлению ( $\delta_{\text{ср}}$ ) с увеличением КУВ возрастает, и при КУВ = 90° она в два раза больше, чем при нулевом значении курсового угла ветра. Так, если при КУВ = 0° ошибка в определении направления ветра составляет 8°, то при КУВ = 90° она возрастает до 16°;



**д) учета изменчивости ветра.** Ветер в реальной атмосфере не остается постоянным. Скорость и направление ветра изменяются во времени, в пространстве и зависят от высоты над земной поверхностью, географического района, времени года и суток, распределения атмосферного давления по поверхности Земли.

#### *Изменение ветра с высотой*

Во всех штурманских расчетах, производимых по данным измерений ветра, необходимо учитывать возможные ошибки, возникающие вследствие его изменчивости. Характеристика изменчивости ветра позволяет определить срок годности и радиус действия измеренного ветра, а также рациональные интервалы его повторных измерений в полете. Ветер с изменением высоты полета не сохраняет своего первоначального направления, а отклоняется на несколько десятков градусов в ту или другую сторону, а иногда меняет свое направление на обратное. Наиболее сильные ветры отмечаются на больших высотах. В результате обработки большого числа измерений вектора ветра на высотах установлено, что его случайные изменения подчинены нормальному закону рассеивания.

#### *Изменение вектора ветра в пространстве*

Для характеристики изменения вектора ветра в пространстве получена следующая эмпирическая формула

$$r_S = K_S \cdot \sqrt{S},$$

где  $K_S$  – коэффициент изменчивости ветра, зависящий от высоты полета и времени года;

$S$  – расстояние, км (не более 1800 км);

$r_S$  – среднее квадратическое радиальное отклонение вектора ветра, км/ч.

#### *Изменение ветра во времени*

На статистическом материале наблюдений над ветром установлена эмпирическая формула, дающая возможность рассчитать изменение ветра во времени над пунктом на различных высотах для периода до 18 ч:

$$r_t = K_t \cdot \sqrt{t},$$

где  $K_t$  – коэффициент изменчивости ветра, зависящий от высоты полета, времени года и района полетов;

$t$  – давность измерения вектора ветра во времени в данной точке, ч (в пределах 18 ч);

$r_t$  – среднее квадратическое радиальное отклонение изменения вектора ветра во времени.

Из многолетних наблюдений следует, что для одного и того же промежутка времени изменение ветра с увеличением высоты возрастает, а затем (после 9 – 11 км) быстро убывает. Однако в каждом отдельном полете изменение ветра может существенно отличаться от приведенных величин, особенно при пересечении теплого или холодного фронта, а также при встрече струйного течения. Поэтому тщательное изучение метеорологической обстановки, карт барической топографии и фактических данных о ветре является необходимым условием успешного выполнения маршрутного полета.

Рассмотренные выше отклонения в приземлении десантируемых объектов, обусловленные только ошибкой в определении среднего ветра, свидетельствуют об актуальности мероприятий по достижению его максимальной точности. Основными из них являются:

- разработка новых и совершенствование традиционных способов и методик определения среднего ветра применительно к конкретным условиям десантирования, навигационной и оперативно-тактической обстановки;

- реализация способов, обеспечивающих наибольшую точность измерения среднего ветра (по результатам наблюдений за шар-пилотом, интегрированием ветра по высоте);

- осреднение нескольких измерений, выполняемых наиболее подготовленными экипажами (расчетами десантного обеспечения – РДО);

- определение среднего ветра в пределах района десантирования (площадки приземления) и ближе к моменту начала выброски воздушного десанта;

- уточнение среднего ветра (положения ТНВ) по результатам десантирования.

## БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Соловьев, В.В. Прицельный навигационно-пилотажный комплекс: в 2 ч. Ч. 2 / В.В. Соловьев. – Монино : ВВА им. Ю.А. Гагарина, 1990. – 75 с.
2. Тимофеев, В.Д. Руководство по самолетовождению / В.Д. Тимофеев. – М. : Воениздат МО СССР, 1972. – 456 с.
3. Тимофеев, В.Д. Самолетовождение и бомбометание / В.Д. Тимофеев. – М. : Воениздат МО СССР, 1979. – 480 с.
4. Чалым, С.М. Самолетовождение / С.М. Чалым, В.Д. Тимофеев, В.А. Яковлев, О.А. Голохвостов. – М. : Воениздат МО СССР, 1981. – 472 с.

# **СРЕДНИЙ ВЕТЕР И СПОСОБЫ ЕГО ОПРЕДЕЛЕНИЯ**

*Учебно-методическое пособие*

**Составители:**

**КИСЕЛЕВ**

**АНДРЕЙ ЛЕОНИДОВИЧ**

**МАТВЕЕВ**

**АНАТОЛИЙ МИХАЙЛОВИЧ**

**КОЗЛОВ**

**ВЯЧЕСЛАВ ВЛАДИМИРОВИЧ**

**ЗАБУРАЕВ**

**ЮРИЙ ЕВГЕНЬЕВИЧ**

*Редактор Н.В. Алейнова*

*Компьютерная верстка Н.П. Яргункина*

---

Подписано в печать . 2008. Формат 60×90/16. Бумага газетная

Печать офсетная. Усл. печ. л. 1,75. Уч.-изд. л. 1,35.

Тираж

Заказ

---

РИО и УОП УВАУ ГА. 432071, г. Ульяновск, ул. Можайского , 8/8.