

# ПАРАШЮТНО-СПАСАТЕЛЬНАЯ ПОДГОТОВКА

## ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ВОПРОСЫ ПРЫЖКА С ПАРАШЮТОМ

### 4.1. АТМОСФЕРА И ЕЕ СВОЙСТВА

С момента отделения от самолета до приземления парашютист находится в воздушной среде. Поэтому для успешного выполнения прыжка ему необходимо знать основные свойства воздуха, влияние этих свойств на исход прыжка. Зная основные свойства воздуха и некоторые законы механики и аэродинамики, можно точно рассчитать любой параметр прыжка с парашютом на всех этапах парашютирования.

Газообразная оболочка, окружающая земной шар, называется атмосферой (от греческих *atmos*-воздух и *sphaigra*-шар). Атмосфера простирается до высоты свыше 1000 км. Ее обычно делят на тропосферу, непосредственно прилегающую к земной поверхности, стратосферу и ионосферу. Пограничный слой в 1-2 км между тропосферой и стратосферой называют иногда тропопаузой

Тропосфера простирается над полюсами до высоты 8 км, над экватором - 17 км и в средних широтах - 11 км. Для тропосферы характерно резкое уменьшение давления и постепенное понижение температуры воздуха с увеличением высоты. Начиная с тропопаузы, дальнейшее падение температуры прекращается. Выше тропопаузы, а при ее отсутствии - непосредственно от верхней границы тропосферы - начинается стратосфера.

В нижней части стратосферы до высоты 25 км наблюдается постоянство или незначительное возрастание температуры с увеличением высоты. Ветры в стратосфере устойчивы, облачности и туманов почти нет.

Начиная с 25 км в стратосфере наблюдается повышение температуры. На высоте около 40 км она становится равной 0° С и достигает 40-60° С на высоте около 60 км. Выше 60 км и до 80 км начинается спад температуры, который затем прекращается, и температура вновь растет до высоты 200 км. С высоты 80-;85 км начинается ионосфера, отличающаяся от стратосферы высокой электронной плотностью.

Основная масса воздуха-75% - сосредоточена в тропосфере и представляет собой смесь азота - 78% и кислорода - 21%. В состав воздуха входят также аргон, водород, неон и гелий. Кроме газов, составляющих воздух, в атмосфере земного шара находится ряд примесей: вода во всех состояниях, споры растений, продукты горения, углекислота и другие. Содержание их непостоянно и зависит от времени года, земного ландшафта, состояния атмосферы. Например, при пыльной буре мелкие частицы земли могут подниматься на высоту до 2 км и более.

**Давление.** Воздух имеет массу и давит на поверхность земли с определенной силой. Давлением называется сила, приходящаяся на единицу поверхности. Эта сила обозначается буквой *p*.

В механике давление обычно измеряется в кгс/см<sup>2</sup>. Давление в 1 кгс на 1 см<sup>2</sup> принято называть технической атмосферой. В аэродинамике давление измеряется в мм ртутного столба. Известно, что на уровне моря, при температуре плюс 15° С воздух давит на поверхность земли с силой 1 кгс на 1 см<sup>2</sup>. С такой же силой давит столб ртути высотой 760 мм. Такое давление принято считать нормальным\*.

В зависимости от температуры и влажности воздуха меняется его плотность, что, в свою очередь, вызывает изменение давления. С подъемом на высоту давление понижается в строго определенной закономерности. Это дает возможность заранее определить, каким оно будет на той или иной высоте.

Свойство давления изменяться в зависимости от высоты используется в анероидно-мембранных устройствах: высотомерах, приборах автоматического раскрытия парашюта.

**Плотность воздуха.** Одним из факторов, влияющих на скорость падения парашютиста в воздушной среде и скорость парашютирования, т. е. снижения с раскрытым парашютом, является плотность воздуха. Плотность воздуха - это масса его, соизмерения силы. 1 атм = 1 кгс/см<sup>2</sup> = 98 100 Па. 1 мм рт. ст. = 133 Па. см<sup>2</sup> держащаяся в единице объема. Масса тела измеряется в кг, а объем - в м<sup>3</sup>.

Опытным путем установлено, что 1 м<sup>3</sup> воздуха при нормальных условиях (температуре плюс 15° С и давлении 760 мм рт. ст.) имеет массу 1,225 кг, т. е. плотность его равна

$$\rho = 1,225 \text{ кг/м}^3.$$

\* В принятой в настоящее время международной системе единиц СИ, давление измеряется в

Паскалях  $1 \text{ Па} = 1 \frac{\text{Н}}{\text{м}^2}$ , где Н – ньютон – единица измерения силы.  $1 \text{ атм} = 1 \frac{\text{кгс}}{\text{см}^2} = 98100 \text{ Па}$ .  $1 \text{ мм рт.ст.} = 133 \text{ Па}$ .

Плотность воздуха - величина непостоянная. Она меняется с изменением температуры и давления.

Если плотность воздуха у поверхности земли равна 1,225 кг/м<sup>3</sup>, то на высоте 6500 м она будет составлять всего 0,612 кг/м<sup>3</sup>, т. е. вдвое меньше. Это значит, что 1 м<sup>3</sup> воздуха на этой высоте содержит вдвое меньше кислорода.

## ПАРАШЮТНО-СПАСАТЕЛЬНАЯ ПОДГОТОВКА

На высотах свыше 4000 м для выполнения прыжков с парашютом необходима специальная кислородная аппаратура. Плотность воздуха влияет не только на дыхание. От нее зависит характер работы парашюта. Чем меньше плотность воздуха, тем больше скорость снижения парашютиста.

**Влажность.** Влажностью называется количество содержащегося в воздухе водяного пара. Абсолютной влажностью называется количество пара, содержащееся в 1 м<sup>3</sup> воздуха. Воздух может содержать в себе только определенное количество влаги. При избытке ее образуются туман, роса, облака. Степень насыщения воздуха влагой зависит от температуры. С повышением температуры растет способность воздуха содержать в себе водяные пары. Для характеристики состояния воздуха пользуются относительной влажностью, т. е. отношением абсолютной влажности к количеству пара, насыщающего единицу объема воздуха при данной температуре.

Относительная влажность измеряется специальными приборами - гигрометрами и психрометрами и выражается в %.

Если 1 м<sup>3</sup> воздуха содержит 0,012 кг влаги, а для насыщения его паром при данной температуре требуется 0,015 кг, то относительная влажность будет равна

$$\frac{0,012}{0,015} \times 100 \% = 80\%$$

При температуре +15° С нормальной считается влажность 40-60%.

**Температура.** Основным источником тепла, нагревающим воздух - земная поверхность. Воздух, пропуская солнечные лучи, тепла почти не задерживает. Солнечные лучи нагревают земную поверхность, от которой нагревается воздух. Благодаря перемешиванию воздушных масс нагревается определенная толща воздуха, Перемешивание воздушных масс называется *конвекцией*.

Температура воздуха с подъемом на высоту понижается довольно равномерно - в среднем на 0,65° на каждые 100 м высоты. Летом температура с высотой изменяется более резко, чем зимой. Вертикальный температурный градиент зависит от начальной температуры воздуха и давления. Иногда бывают явления, при которых над более холодным слоем воздуха располагается более теплый. Это явление называется *инверсией* температуры.

**Движение воздуха.** Вследствие различного рельефа местности воздух над поверхностью земли прогревается неравномерно. Это приводит к разности температур, давления, что вызывает перемещение воздушных масс в том или ином направлении, называемое ветром. Ветер характеризуется скоростью, с которой перемещается масса воздуха относительно земли. Скорость ветра измеряется в м/с, а направление - в градусах. При этом отсчет ведется от направления, откуда дует ветер.

Характер движения воздуха зависит от рельефа местности, плотности воздуха и скорости его перемещения. При медленном движении траектории движущихся частиц воздуха параллельны между собой (ламинарное движение). При повышенной скорости характер движения воздуха резко меняется, появляются беспорядочные вихри, движущиеся в различных направлениях - движение становится турбулентным. Внешние проявления турбулентности - внезапные и быстрые изменения ветра по скорости и направлению.

Различают два вида ветра: суточный и фронтальный. При суточном ходе ветер появляется после восхода солнца, с прогревом земной поверхности. У поверхности земли он больше, чем на высоте. Перед заходом солнца суточный ход ветра ослабевает.

Фронтальный ветер зависит от перепада давления над поверхностью земли: на высоте он больше, чем у поверхности.

Кроме горизонтального перемещения воздуха наблюдается и вертикальное его перемещение. Чаще всего вертикальные потоки имеют термическое происхождение, т. е. возникают от перегрева воздуха на небольшом участке. В обиходе эти потоки называют «термиками».

Скорость вертикальных потоков у поверхности земли обычно составляет 1-2 м/с, но и этого достаточно, чтобы оказать существенное влияние на исход прыжка с парашютом. При восходящих потоках скорость снижения спортсмена будет меньше, а при нисходящих она увеличивается. Особенно сильными вертикальными потоками бывают при наличии кучевых облаков на высотах 1000-1500 м. В практике были случаи, когда спортсмен, раскрыв парашют на высоте 800 м, оказывался затем на большей высоте. Следует, однако, заметить, что такие случаи бывают крайне редко и при достаточной подготовке парашютиста и его умении управлять куполом легко преодолимы.

**Сопротивление воздуха.** Двигаясь в воздушной среде, обладающей определенной плотностью, тело преодолевает *сопротивление*.

Чем плотнее среда, в которой перемещается тело, тем больше преодолеваемое телом сопротивление. Основная причина возникновения сопротивления воздуха - разность давлений впереди и сзади движущегося тела. Перед телом создается повышенное давление, сзади него пониженное.

Сопротивление воздуха тесно связано с размерами тела, его формой, состоянием поверхности. Тела, имеющие больший размер, испытывают большее сопротивление. У каплеобразных тел сопротивление меньше, чем у плоских. Шероховатые тела испытывают большее сопротивление, чем тела такой же площади и формы, но имеющие гладкую полированную поверхность.

## ПАРАШЮТНО-СПАСАТЕЛЬНАЯ ПОДГОТОВКА

Сопротивление воздуха зависит от скорости движения. Причем совершенно безразлично, движется ли тело в воздушной среде или воздушная среда движется относительно тела.

Опыты показывают, что с увеличением скорости в два раза сопротивление возрастает в четыре раза. Таким образом, сопротивление прямо пропорционально квадрату скорости.

Сопротивление воздуха движению тела называется *лобовым сопротивлением тела*. Оно всегда направлено в сторону, противоположную направлению движения тела, и определяется по формуле

$$Q = \frac{\rho \cdot V^2}{2} \cdot C_x \cdot S$$

где  $Q$  - сила лобового сопротивления, кгс (Н);

$C_x$  - коэффициент сопротивления, зависящий от формы тела и состояния его поверхности;

$\rho$  - плотность воздуха, кгс-см<sup>4</sup> (кг/м<sup>3</sup>);

$S$  - наибольшая площадь поперечного сечения тела (мидель), м<sup>2</sup>;

$V$  - скорость движения, м/с.

Если скорость дана в км/ч, то для 'перевода в м/с ее нужно 'разделить на коэффициент 3,6.

Для определения величины лобового сопротивления какого-либо тела необходимо знать его коэффициент сопротивления, который определяется опытным путем. Чаще всего опыты проводят в аэродинамических трубах.

Тела различной формы имеют различный спектр обтекания и различные коэффициенты сопротивления. Например, пластина, поставленная к потоку перпендикулярно, и цилиндр обтекаются потоком воздуха по-разному. Главной причиной, создающей сопротивление воздуха, являются вихри, образующиеся около тела. У хорошо обтекаемых гладких тел вихри появляются только сзади, у плохо обтекаемых, угловатых, они образуются по всей поверхности.

Опыт показывает, что чем больше возмущенная за телом область, тем большее сопротивление испытывает оно при движении в воздушной среде. Это объясняется тем, что значительная часть энергии движения расходуется на образование вихрей.

### *Коэффициент сопротивления некоторых тел*

Плоская пластина, установленная под углом 90° к потоку	1,28
Парашиютист, падающий плашмя, с разведенными в стороны ногами и руками	0,35
Парашиютист, падающий в группировке, под углом 45° к горизонту	0,2
Двухоболочковая парашютная система	1,2
Парашиют круглой формы при вертикальном снижении	0,9

Зная лобовое сопротивление тела, легко подсчитать сопротивление, испытываемое телом при падений или куполом парашюта при парашютировании.

## 4.2. СНИЖЕНИЕ ПАРАШЮТИСТА

**Скорость падения парашютиста** зависит от времени падения, плотности воздушной среды, площади падающего тела и коэффициента его лобового сопротивления.

На скорость падения масса падающего тела влияет незначительно.

Ввиду того что спортивные и тренировочные прыжки с парашютом выполняются из самолетов, летящих на небольших скоростях, влияние начальной горизонтальной скорости на вертикальную скорость падения при расчетах не учитывается.

Если начальная вертикальная скорость равна нулю, то расстояние, пройденное телом до тех пор пока скорость невелика, будет зависеть только от одной величины - ускорения силы тяжести  $g$  и пройденный путь можно определить по формуле

$$h = \frac{g \cdot t^2}{2}$$

где  $t$  - время падения, с.

С нарастанием скорости вступает в силу целый ряд других факторов.

На падающее в воздушной среде тело действуют две силы: сила тяжести  $G$ , всегда направленная вниз, и сила сопротивления воздуха  $Q$ , направленная в сторону, противоположную направлению перемещения тела. Если отсутствует горизонтальная составляющая скорости, то сила сопротивления воздуха направлена против силы тяжести (рис. 1).

Скорость падения будет возрастать до того момента, пока силы  $G$  и  $Q$  не уравновесятся:

$$Q = G = \frac{\rho \cdot V^2}{2} \cdot C_x \cdot S$$

## ПАРАШЮТНО-СПАСАТЕЛЬНАЯ ПОДГОТОВКА

Это состояние называется установившимся падением, а соответствующая ему скорость - предельной (критической) скоростью.

Критическая скорость определяется по формуле

$$V_{кр} = \sqrt{\frac{2 \cdot G}{\rho \cdot C_x \cdot S}}$$

Эта скорость при  $C_x$  парашютиста 0,3 будет равна 42 м/с, а при  $C_x$  парашютиста 0,15-58 м/с.

Поскольку плотность воздуха с высотой меняется, то и скорость падения будет постоянно меняться.

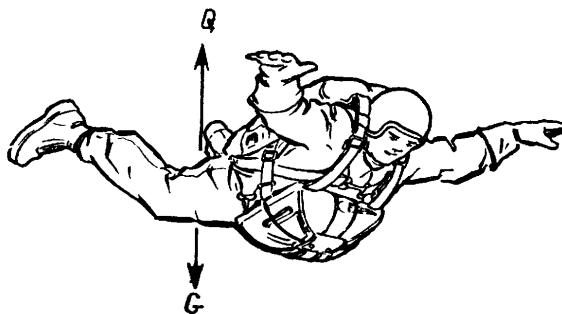


Рис. 1. Противодействие сил при падении парашютиста

Расстояние, проходимое парашютистом за время падения с высоты 1500-2000 м в зависимости от положения тела, показано в табл. 1.

С увеличением массы парашютиста увеличивается и скорость его падения. При этом, однако, надо учитывать, что увеличение массы парашютиста всегда связано с увеличением миделя тела, а следовательно, и с увеличением сопротивления воздуха, что в среднем приводит к незначительному увеличению скорости. Ориентировочно можно считать, что изменение массы парашютиста на 10 кг вызывает изменение скорости при установившемся падении на 2%, что у поверхности земли составит разницу в 1 м/с.

**Нагрузки при раскрытии парашюта.** При введении парашюта в действие происходит снижение приобретенной при падении скорости. Из механики известно, что всякое изменение скорости в единицу времени по величине или направлению называется ускорением.

Если, например, скорость в начале движения была  $V_1$ , а через время  $t$  стала  $V_2$ , то среднее ускорение определяют по формуле

$$a = \frac{V_2 - V_1}{t}$$

где  $a$  - ускорение;

$V_1$  - скорость в начале движения;

$V_2$  - скорость в конце движения;

$t$  - время, за которое произошло изменение скорости.

Зная скорость в начале и конце движения, например при раскрытии парашюта, а также время, за которое происходит его полное раскрытие, можно определить величину среднего ускорения.

Если принять скорость падения  $V_1$  равной 50 м/с, скорость после раскрытия парашюта  $V_2$ , равной 5 м/с, и время  $t$ , за которое произошло полное раскрытие парашюта, равным 2 с, то получим

$$a = \frac{V_2 - V_1}{t} = \frac{5 - 50}{2} = -22,5 \text{ м/с}^2$$

Знак минус указывает на замедление (торможение) скорости падения.

Зная, что ускорение при свободном падении равно  $9,81 \text{ м/с}^2$ , определим, во сколько раз увеличилось ускорение, т. е. какова величина перегрузки:

$$n = \frac{a}{g} = \frac{22,5}{9,81} \approx 2,3$$

Имея данные о перегрузке, легко определить и нагрузку  $F$ , действующую на тело в момент раскрытия парашюта. Ее вычисляют по формуле

$$F = mgn.$$

При массе парашютиста 70 кг получим

## ПАРАШЮТНО-СПАСАТЕЛЬНАЯ ПОДГОТОВКА

$$F = 70,9,81,2,3 = 1579,4 \text{ Н (161 кгс)}.$$

Это значит, что парашютист в момент раскрытия парашюта как бы «прибавляет» в массу на величину, пропорциональную перегрузке. Такие перегрузки человек переносит легко, тем более что они возникают не мгновенно, а достигают максимальной величины через 2 с, за которые происходит изменение скорости

*Таблица 1*

Время падения,	Положение тела		
	устойчивое вниз головой	неустойчивое	устойчивое плашмя
	расстояние, пройденное телом, м		
1	4,9	4,9	4,9
2	19,5	19,5	19,5
3	44,0	43,8	43,5
4	76,0	75,0	73,5
5	114	110	105
6	160	150	140
7	210	193	178
8	262	240	218
9	318	287	255
10	375	335	300
11	430	380	342
12	488	430	384
13	646	480	426
14	601	530	468
15	660	580	510
16	718	630	552
17	776	680	594
18	834	730	636
19	892	780	678
20	950	830	720
21	1008	880	762
22	1066	930	804
23	1124	980	846
24	1182	1030	888
25	1240	1080	930
26	1298	1130	972
27	1356	1180	1014
28	1414	1230	1056
29	1470	1280	1098
30	1530	1330	1140

**Скорость снижения с раскрытым парашютом.** При установившейся скорости снижения с парашютом, не имеющим собственной горизонтальной скорости, сила сопротивления купола  $Q$  находится в равновесии с силой тяжести  $G$ . Силы, в этом случае располагаются, как это указано на рис. 1.

Когда равновесие достигнуто, т. е.  $G = Q$ , тогда

$$Q_{\text{сист}} = \frac{\rho \cdot V_{\text{сист}}^2}{2} \cdot C_x \cdot S$$

Отсюда скорость снижения у земли для парашютной системы будет

$$V_{CH} = \sqrt{\frac{2 \cdot G}{\rho \cdot C_x \cdot S}}$$

Если принять силу тяжести системы  $G = 90$  кгс, коэффициент лобового сопротивления  $C_x = 0,9$ , а площадь купола парашюта  $S = 55 \text{ м}^2$ , то получим

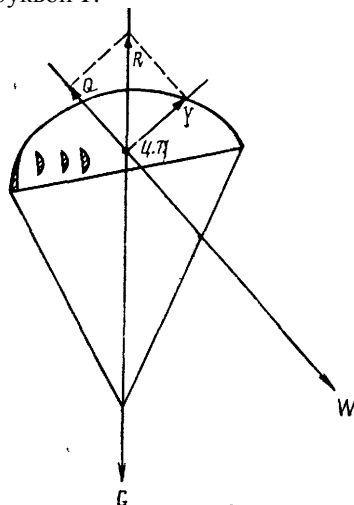
$$V_{CH} = \sqrt{\frac{2 \cdot G}{\rho \cdot C_x \cdot S}} = \sqrt{\frac{2 \cdot 90}{0,125 \cdot 0,9 \cdot 55}} = \sqrt{\frac{180}{6,1}} = \sqrt{29,5} = 5,4 \text{ м/с},$$

что соответствует снижению с куполом парашюта УТ-15

Современные спортивные парашюты имеют собственную горизонтальную скорость. Это дает им возможность перемещаться при снижении не только вместе с воздушной массой по отношению к земле, но и относительно воздушной массы в том или ином направлении. Собственная горизонтальная скорость возникает у купола за счет реактивного эффекта, получаемого при выходе воздуха через отверстия в куполе.

## ПАРАШЮТНО-СПАСАТЕЛЬНАЯ ПОДГОТОВКА

Из аэродинамики известно, что в результате перемещения тела в воздушной среде, силе, действующей на тело по оси перемещения, противодействует сила сопротивления воздуха. При условии равенства этих сил движение по оси перемещения будет равномерным. При увеличении одной из сил возникает дополнительная сила, направленная перпендикулярно линии движения. В аэродинамике эта сила называется подъемной и обозначается буквой  $Y$ .



**Рис. 2. Схема разложения сил при парашютировании с 'планирующим' куполом:**

$G$  - общий полетный вес системы «парашютист + парашют»;  $Q$  - сила лобового сопротивления;  $Y$  - подъемная сила;  $W$  - скорость парашютирования;  $R$  - результирующая сила

Сила эта невелика и поднять купол вверх, как например при полете самолета, она не может, но оказывает существенное влияние на скорость снижения при прыжках с парашютом, имеющим собственную горизонтальную скорость перемещения, и с ней необходимо считаться.

Рассмотрим схему разложения сил при снижении с таким куполом (рис. 2).

С появлением у парашютной системы собственной горизонтальной скорости возникает, как указывалось выше, подъемная сила  $Y$ , величина которой зависит от силы сопротивления системы, действующей в направлении движения.

Указанные на рис. 2 силы  $Q$  и  $Y$  равны между собой и определяются по формуле

$$Q = Y = \frac{\rho \cdot V^2}{2} \cdot C_x \cdot S$$

в которой коэффициент  $C_x$  и площадь  $S$  берутся по миделю площади системы в проекции на плоскость снижения.

Рассмотрим, как влияет подъемная сила на парашютирование с различными горизонтальными скоростями.

Без горизонтальной скорости, как мы определили выше, система при  $G=90$  кгс будет снижаться со скоростью 5,4 м/с.

Для определения силы, действующей на парашютную систему, перемещающуюся в горизонтальном направлении (парашют УТ-15 в штилевую погоду), необходимо подсчитать значения  $Y$  и  $Q$  и найти их

результирующую  $R_{QY}$ , так как именно эта результирующая противодействует силе тяжести  $G$ . Для определения истинной скорости снижения парашютной системы возьмем следующие данные:  $V_{гор}=5$  м/с (купол УТ-15 при снижении в штилевую погоду),  $C_x$  купола  $\approx 1,2$ , а  $S \approx 35$  м<sup>2</sup>.

Определим по этим данным  $Q_1$ .

$$Q_1 = \frac{\rho \cdot V^2}{2} \cdot C_x \cdot S = \frac{0,125 \cdot 25}{2} \cdot 1,2 \cdot 30 = 54 \text{ кгс}$$

Если  $Q=Y$ , то и  $V=54$  кгс.

Как известно, результирующая двух перпендикулярных сил равна

$$R_{QY} = \sqrt{Q^2 + Y^2} = \sqrt{54^2 + 54^2} = \sqrt{5832} \approx 76 \text{ кгс}$$

Следовательно, парашютная система будет как бы «легче» на эту величину. Подставляя полученное значение в формулу скорости снижения, определим истинную скорость снижения системы



## ПАРАШЮТНО-СПАСАТЕЛЬНАЯ ПОДГОТОВКА

$$V_{CH} = \sqrt{\frac{2 \cdot G - R_{QY}}{C_x \cdot S \cdot \rho}} = \sqrt{\frac{180 - 76}{1,2 \cdot 55 \cdot 0,125}} = \sqrt{\frac{104}{6}} = \sqrt{17,3} = 4,2 \text{ м/с}$$

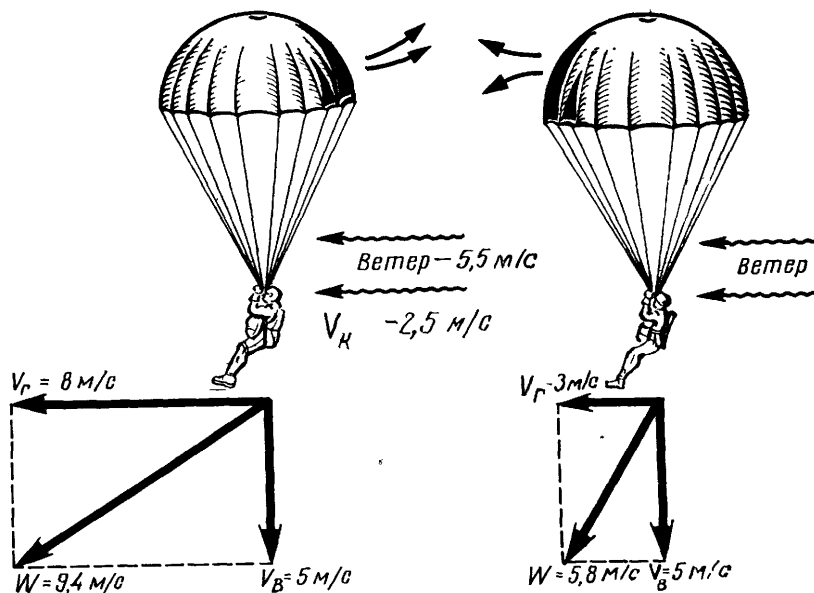
При еще большем значении Q (если купол парашюта развернуть, например, против ветра, дующего со скоростью 8 м/с) эффект подъемной силы будет более значительным - вертикальная скорость снижения составит всего 3-3,5 м/с. Если купол парашюта прикрепить к машине, движущейся со скоростью свыше 12 м/с, то парашютист начнет подниматься вверх.

Практически за счет скрытых резервов купола УТ-15 его горизонтальную скорость можно увеличить. Например, за счет симметричного натяжения задних лямок на определенную глубину хорошо отрегулированный купол увеличивает горизонтальную скорость до 6,5 м/с.

### 4.3. ПРИЗЕМЛЕНИЕ ПАРАШЮТИСТА

Приземление - наиболее ответственный, завершающий этап прыжка. Твердое знание теоретических вопросов, связанных с приземлением, умение применить эти знания на практике позволят выбрать наиболее оптимальный режим приземления, который гарантирует выполнение прыжка без каких-либо травматических повреждений.

Приземление при прыжке с парашютом происходит с определенной скоростью, которая складывается из скорости снижения и скорости горизонтального перемещения. Геометрическая сумма этих скоростей называется *скоростью приземления* (рис. 3).



**Рис. 3. График скоростей при приземлении парашютиста**

Математически эта скорость выражается формулой

$$W_{ПП} = \sqrt{V_B^2 + V_G^2}$$

где  $W_{пп}$  - скорость приземления;  
 $V_B$  - вертикальная скорость снижения;  
 $V_G$  - горизонтальная скорость снижения.

Если подставить значения, соответствующие приземлению парашютиста с парашютом Д-1-5-У (масса системы 100 кг), при скорости ветра  $U=2,5$  м/с, то получим  $V_G+U=2,5+2,5=5$  м/с.

$$W_{ПП} = \sqrt{V_B^2 + V_G^2} = \sqrt{4,25^2 + 5^2} = \sqrt{43,06} \approx 6,5 \text{ м/с}$$

При этих же условиях для парашюта УТ-15 скорость приземления немного больше, так как  $V_B$  системы при массе 100 кг равна 4,5 м/с, а  $V_B$  при большом отnose и ветре 2,5 м/с - 7,5 м/с. Скорость приземления в этом случае

$$W_{ПП} = \sqrt{V_B^2 + V_G^2} = \sqrt{4,5^2 + 7,5^2} = \sqrt{76,5} \approx 8,8 \text{ м/с}$$

## ПАРАШЮТНО-СПАСАТЕЛЬНАЯ ПОДГОТОВКА

Приземление с такой скоростью требует специальной подготовки, позволяющей парашютисту перенести возникающую при приземлении нагрузку.

После касания парашютом поверхности, земли скорость гасится не мгновенно, а на каком-то участке пути, на котором происходит сгибание тела парашютиста и сжатие суставов. Этот путь принято считать равным 1 метру.

Нагрузку, испытываемую парашютистом при приземлении, определяют по формуле

$$F = \frac{m \cdot W_{\text{ПП}}^2}{2 \cdot i}$$

Если  $i$  равно 1 м (среднее значение пути от центра тяжести парашютиста до земли), а  $W=7,1$  м/с (скорость приземления при среднем ветре), то  $F=231,2$  кгс

перегрузка при этом составит

$$n = \frac{F}{P} = \frac{231,2}{90} \approx 2,57$$

При увеличении значения  $W$  до 9 м/с (для случая приземления с парашютом УТ-15 при максимальном ветре) получим перегрузку  $n=4,14$ .

Такая перегрузка непродолжительна - она переносится без каких-либо патологических изменений в организме.

С помощью специальных упражнений, отрабатываемых **при** наземной подготовке, длину пути, на котором происходит торможение, можно увеличить. Например, применение способа «перекат» при приземлении позволяет значительно увеличить путь, на котором происходит снижение скорости, что существенно сократит нагрузку при приземлении.

Для примера сравним скорости приземления с парашютом УТ-15 при ветре 5 м/с, на «большом» и «малом» сносе. Как мы определили, скорость снижения парашютной системы УТ-15 в штормовую погоду при массе 90 кг на «малом» сносе составляет 4,2 м/с.

При приземлении на «большом» сносе скорость приземления возрастет, так как

$$V_r = V_k + U = 5 + 5 = 10 \text{ м/с,}$$

$$W_{\text{ПП}} = \sqrt{V_B^2 + V_r^2} = \sqrt{100 + 17,6} = \sqrt{117} \approx 10,8 \text{ м/с}$$

Приземление с такими нагрузками допустимо только на хорошо подготовленные площадки (круг с искусственным мягким покрытием из песка или других сыпучих материалов) при соответствующей тренировке парашютистов в приземлении.

Одним из способов уменьшения нагрузки в прыжках, не связанных с высокой точностью приземления, является уменьшение скорости приземления за счет перевода купола перед приземлением на «малый» снос, при котором скорость приземления при наиболее благоприятных условиях можно довести до минимальной.

Для тренировки голеностопных суставов в приземлении с той или иной скоростью нужно выбрать высоту трамплина, с которого спортсмен может приобрести необходимую скорость приземления.

Если пренебречь сопротивлением воздуха, то высоту прыжка для достижения нужной скорости приземления можно определить по табл. 2.

Таблица № 2

Скорость приземления, м/с	3	5	6	7	8	9	10
Высота прыжка, м	0,46	1,27	1,83	2,50	3,26	4,12	5,10