

Высота и скорость полета

Содержание

Введение

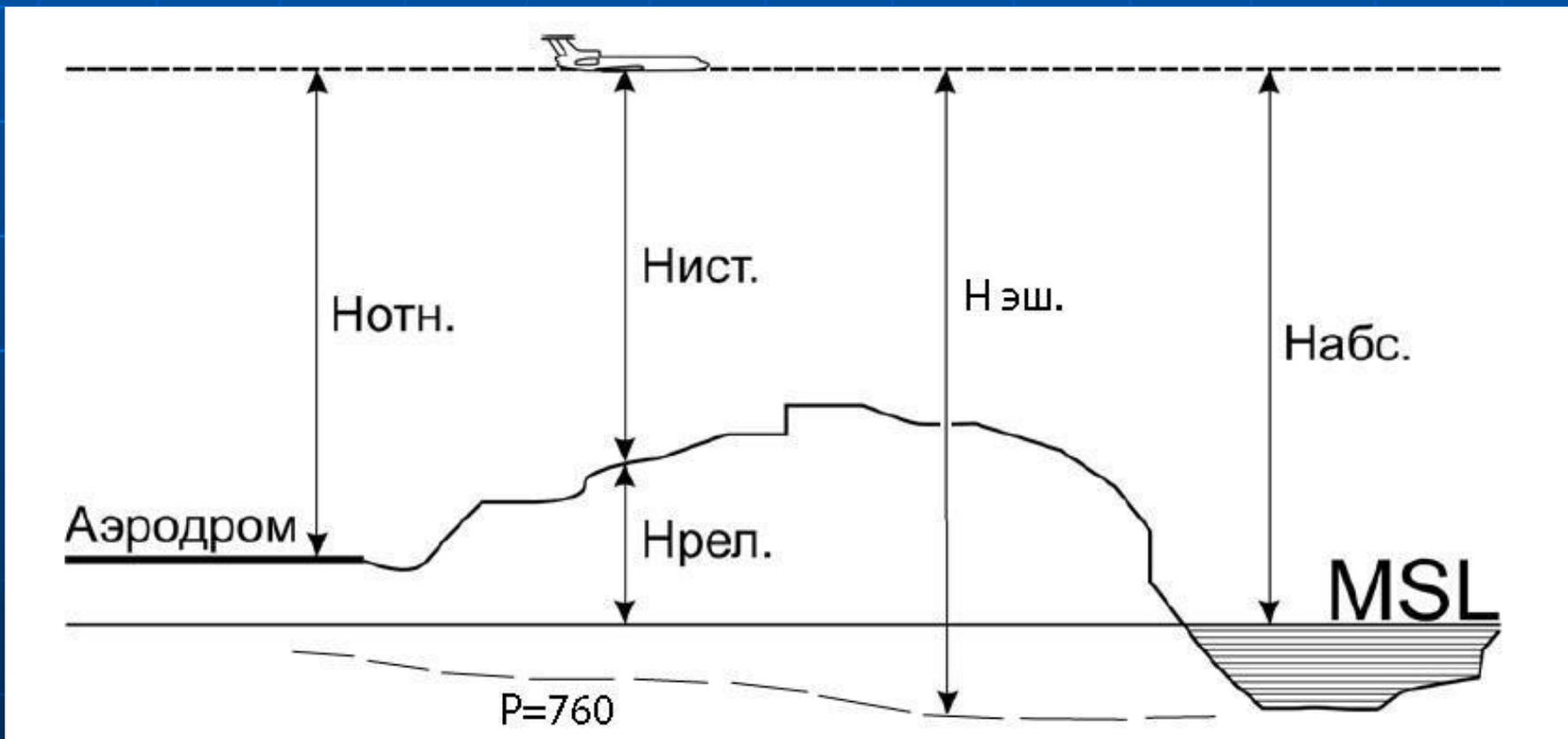
- 1. Высота полета. Классификация высот полета по уровню начала отсчета. Основные способы измерения высоты полета.**
- 2. Основы устройства барометрических высотомеров. Погрешности барометрических высотомеров и их учет.**
- 3. Уровни начала отсчета барометрической высоты. Порядок установки барометрических высотомеров.**
- 4. Расчет безопасных высот полета по ПВП.**
- 5. Скорость полета. Принцип измерения воздушной скорости полета.**
- 6. Погрешности измерения воздушной скорости и их учет. Пересчет истинной воздушной скорости в приборную и обратно по показанию однострелочного указателя скорости.**

Заключение.

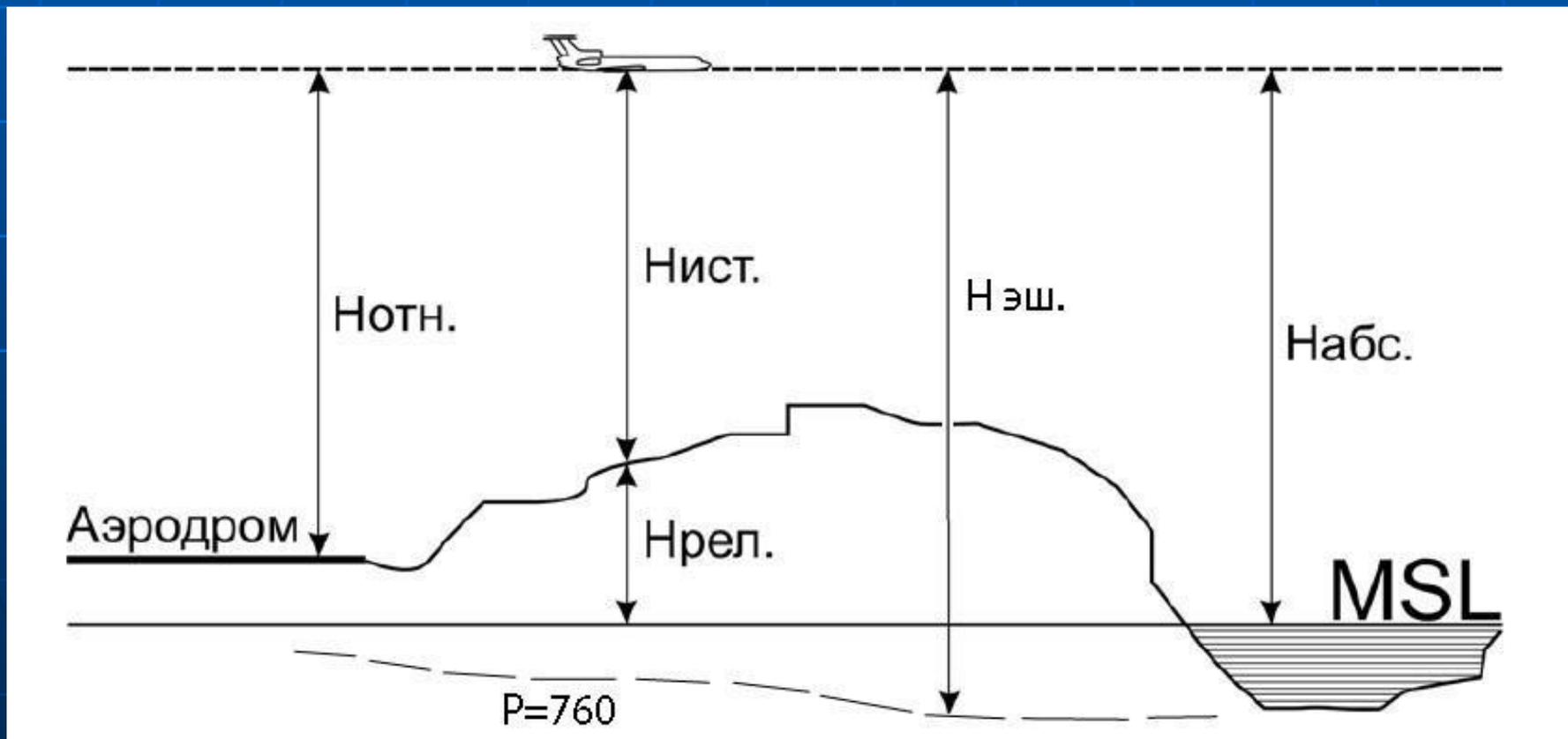
Вопрос 1. Высота полета. Классификация высот полета по уровню начала отсчета. Основные способы измерения высоты полета.

Высота - расстояние по вертикали от уровня, принятого за начало отсчета до самолета.

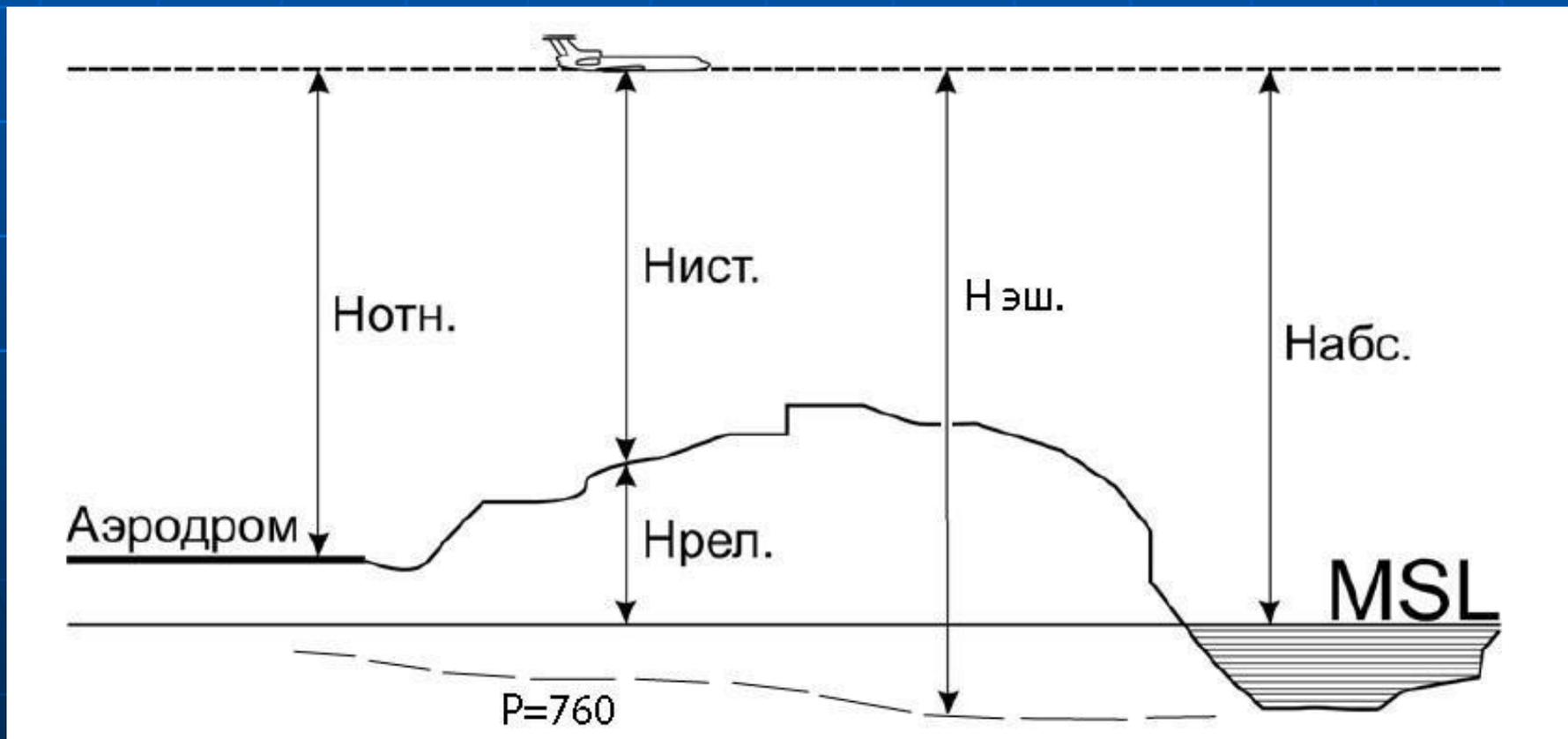
В зависимости от того, какой уровень принимается за начало отсчета, в навигации различают следующие виды высот:



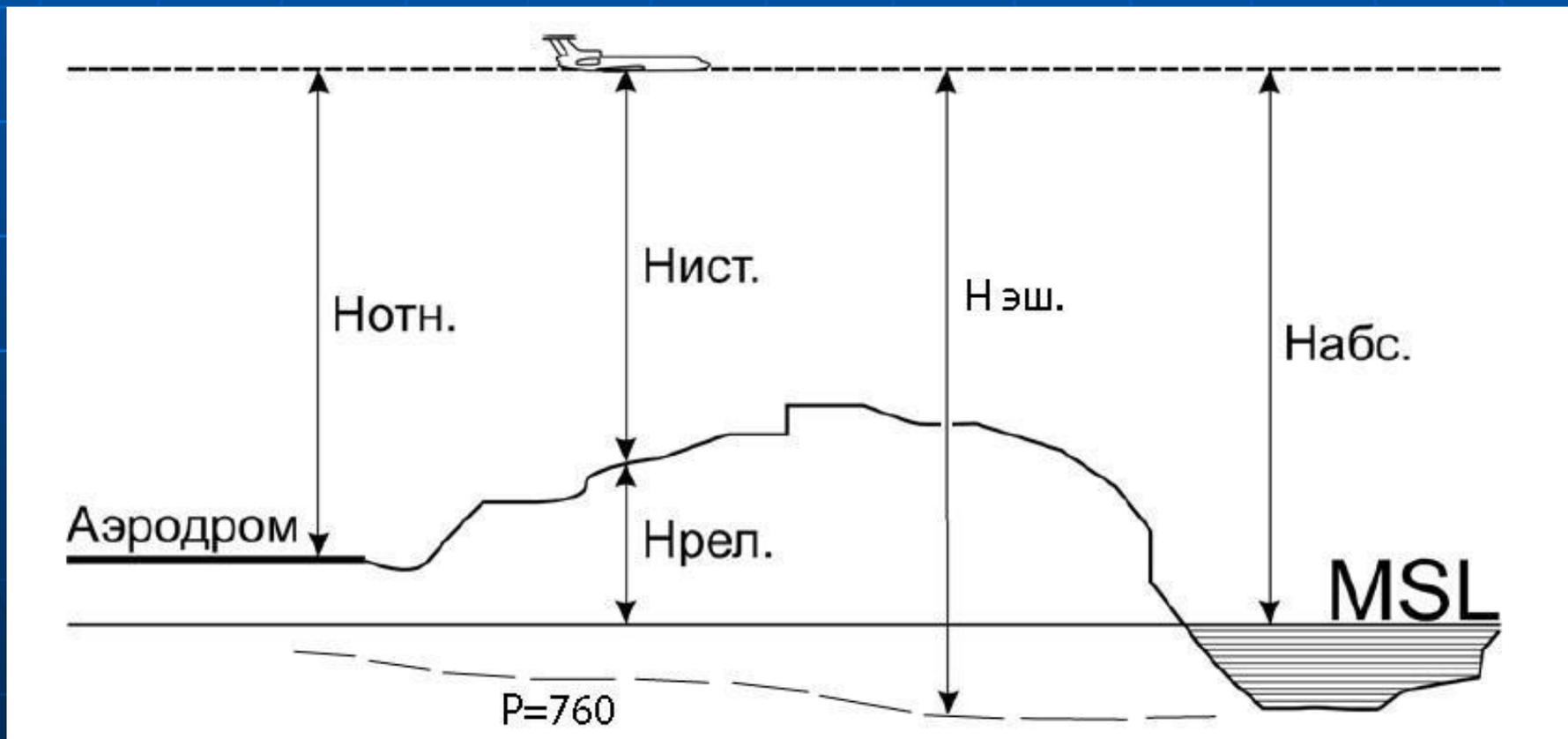
Истинная высота Нист (True Height) - измеряется от уровня той точки на земной поверхности (рельефе местности), над которой в данный момент находится ВС. Если ВС находится на земле, то его высота равна нулю.



Абсолютная высота Набс (Altitude) - измеряется от среднего уровня моря (MSL, Mean Sea Level). Под средним уровнем моря в навигации понимается **поверхность геоида**.



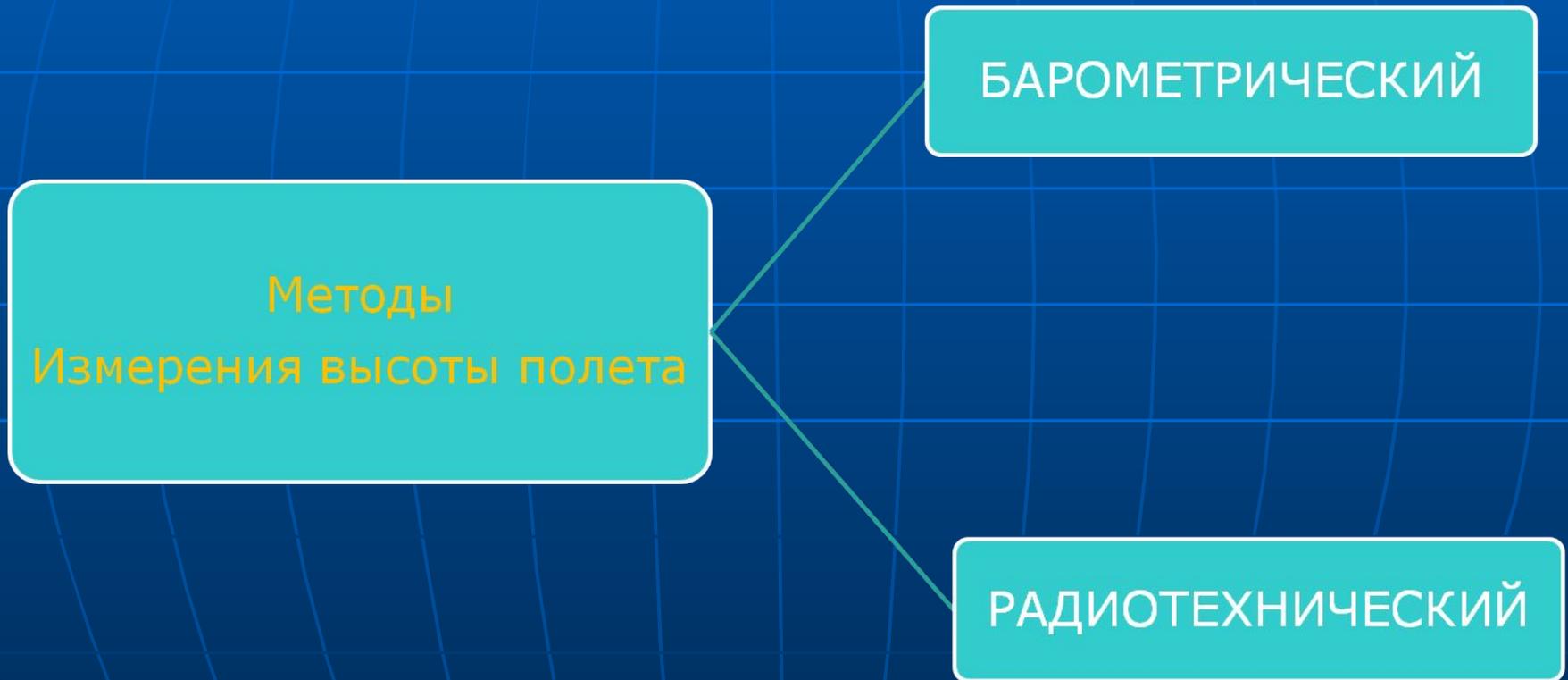
Относительная высота Нотн (Height) – измеряется от **любого** выбранного в качестве начала отсчета уровня. В большинстве случаев под относительной высотой полета ВС понимается высота над уровнем аэродрома.



Если речь идет о высоте точки местности, то вместо термина «абсолютная высота» часто используется термин «превышение» (elevation, elev). **Пре́вышение аэродрома - это абсолютная высота аэродрома, то есть его высота над средним уровнем моря.** Применительно к ВС термин «превышение» не используется.

Приборы, предназначенные для измерения высоты полета, называют высотомерами. Их работа может быть основана на разных физических принципах. Практически в авиации используются высотомеры двух видов – **радиовысотомеры и барометрические высотомеры.** Сравнительно недавно появилась еще одна возможность определять высоту – с помощью спутниковых навигационных систем.

Методы измерения высоты полета.



Радиотехнический способ измерения высоты основан на использовании закономерностей распространения радиоволн. Известно, что радиоволны распространяются с постоянной скоростью и отражаются от различных поверхностей. Используя эти свойства радиоволн, можно определять высоту полета самолета.

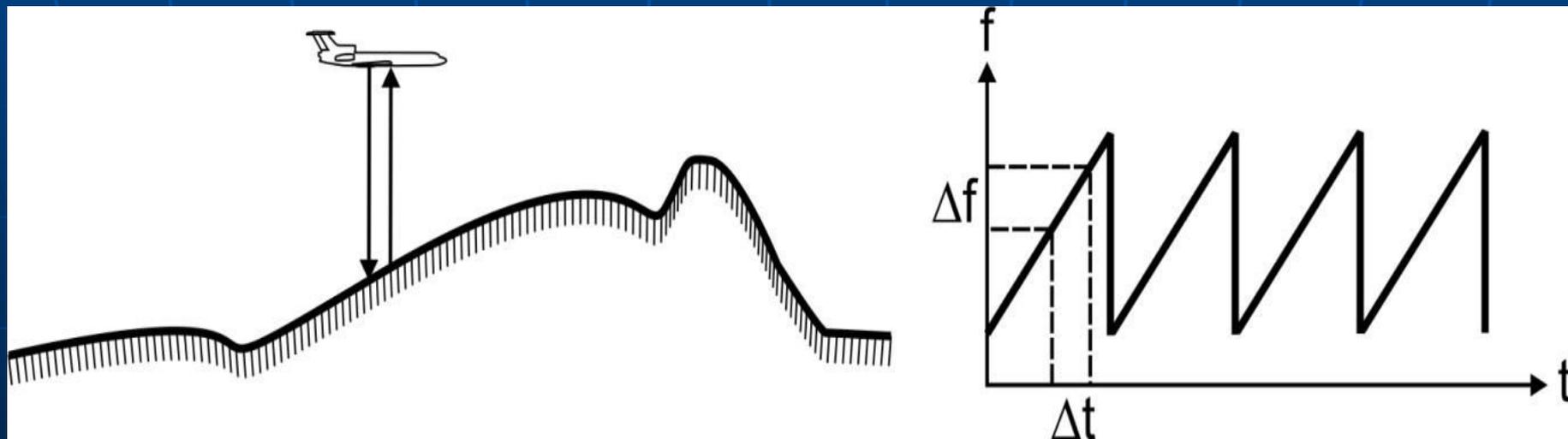
Погрешность определения высоты с помощью радиовысотомера на высотах до 10 м составляет меньше метра, а на больших высотах – примерно **5-7%** от измеряемой высоты.

В авиации радиовысотомеры используются в основном на конечном этапе захода на посадку, в непосредственной близости от земли.

В качестве основного на борту ВС используется барометрический высотомер.

Принцип работы радиовысотомера.

- Бортовой передатчик, входящий в состав РВ, излучает направленные к земле радиоволны, которые отражаются от ее поверхности и принимаются антенной РВ. Но частота излучения не является постоянной, а непрерывно изменяется по пилообразному закону. Разница отправленной и принятой частоты соответствует времени прохождения радиоволн до земли и обратно.
- $H_{ист} = t/2 \times C$, где C – скорость света . C – 300 000 км/сек



Указатель радиовысотомера.

С помощью радиовысотомера *измеряется истинная высота.*

если пилот будет выполнять полет, выдерживая постоянную высоту по РВ, то самолет будет лететь не горизонтально, а с огибанием рельефа местности.

В качестве основного

На борту используется

Барометрический высотомер

Выдерживание высоты выпол-

няется по барометрическому

высотомеру, с контролем по

Радиовысотомеру.



Барометрический способ измерения высоты

основан на принципе измерения атмосферного давления, закономерно изменяющегося с высотой.

Земля окружена атмосферой, вследствие чего в каждой точке имеется атмосферное давление. Оно вызвано весом воздуха, расположенного выше этой точки. Поэтому атмосферное давление всегда убывает с возрастанием высоты.

В авиации давление может измеряться в миллиметрах ртутного столба (**мм рт.ст.**) (**mmHg**), гектопаскалях (**гПа**) (**hPa**), дюймах ртутного столбы (**in Hg**).

Гектопаскаль – единица, входящая в состав СИ, и является международной, принятой, в том числе в мировой гражданской авиации.

Раньше вместо нее использовалась равная ей по величине единица **миллибар** (**мбар**) (**mbar**).

В России и некоторых других государствах чаще используют миллиметры ртутного столба. Гектопаскаль почти точно равен трем четвертым миллиметра ртутного столба:

$$1 \text{ гПа} = 0,75 \text{ мм рт.ст.}, 1 \text{ мм рт.ст.} = 1,33 \text{ гПа}$$

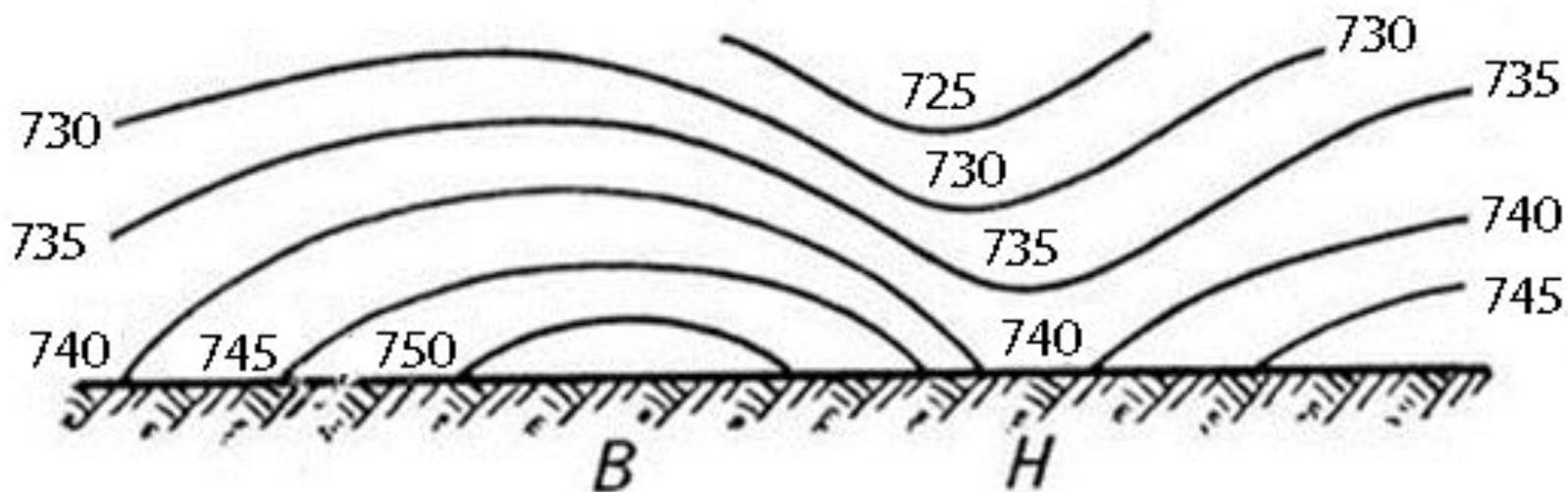
Дюймы ртутного столба используются, главным образом, в США.

$$1 \text{ in Hg} = 25,4 \text{ мм рт.ст.}$$

Таким образом:

$$760 \text{ мм рт.ст.} = 1013,25 \text{ гПа} = 1013,25 \text{ мбар} = 29,92 \text{ in Hg}$$

Изобарическая поверхность

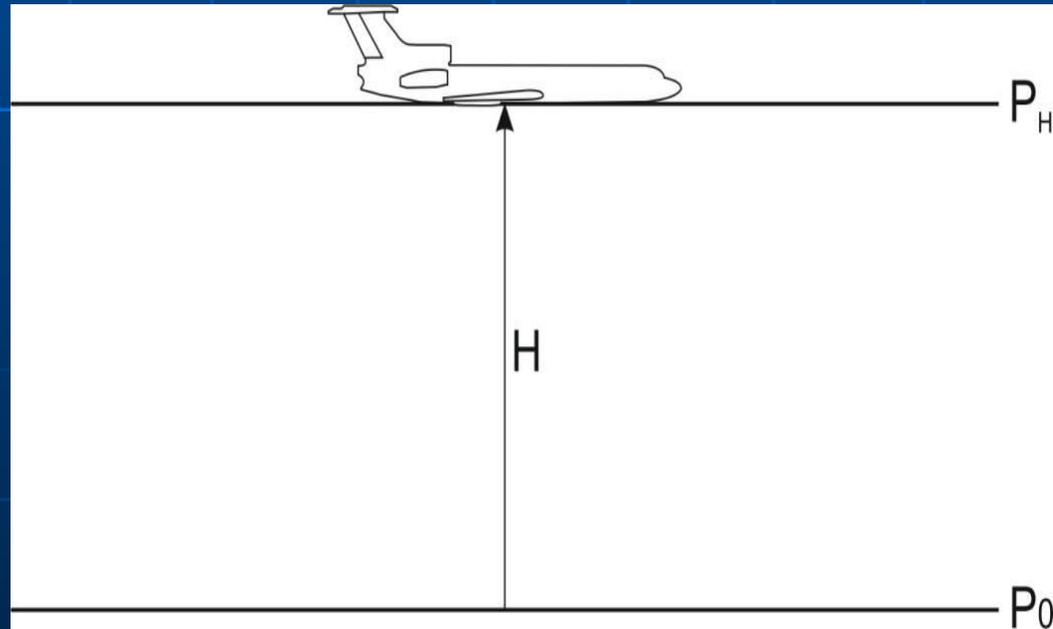


Изобарическая поверхность – геометрическое место точек в пространстве с одинаковым атмосферным давлением. Таких поверхностей в атмосфере бесконечно много, поскольку каждому значению давления соответствует своя поверхность. Все они примерно горизонтальны и параллельны друг другу, но все же в реальной атмосфере имеют слабый изгиб. Они опускаются в тех районах, где имеет место пониженное атмосферное давление (**циклон**), и, наоборот, поднимаются в областях с повышенным давлением (**в антициклонах**)

Изобарические поверхности и высота.

- Измерив атмосферное давление за бортом ВС, можно судить о высоте полета. Для этого нужно только знать, какова зависимость давления от высоты, каким математическим соотношением они связаны.
- Для точного расчета H необходимо знать не только давления на уровне начала отсчета P_0 и на уровне полета P_H , но и распределение температуры воздуха T между этими изобарическими поверхностями.

- $H = RT_{ср} \cdot \ln P_0 / P_H$
- R – газовая постоянная.
- $T_{ср}$ – Средняя абсолютная температура слоя воздуха



Для описания закономерностей изменения давления, температуры и других параметров атмосферы при изменении высоты принята **международная стандартная атмосфера (МСА)** или просто **СА**, а по-английски – **ISA (International Standard Atmosphere)**.

Фактическая атмосфера вряд ли когда-нибудь, даже в отдельном месте, полностью соответствует стандартной. Это условное понятие.

Стандартная атмосфера характеризуется следующими основными параметрами:

на уровне моря (MSL) атмосферное давление составляет **760 мм рт.ст.** (1013,2 гПа), а температура по Цельсию **$t = +15^{\circ}\text{C}$** (288 К по Кельвину);

с высотой температура равномерно уменьшается на **$6,5^{\circ}$** на каждый километр высоты. На высоте **11 000 м** она достигает **$-56,5^{\circ}\text{C}$** и выше остается постоянной.

Изменение температуры с высотой в стандартной атмосфере.

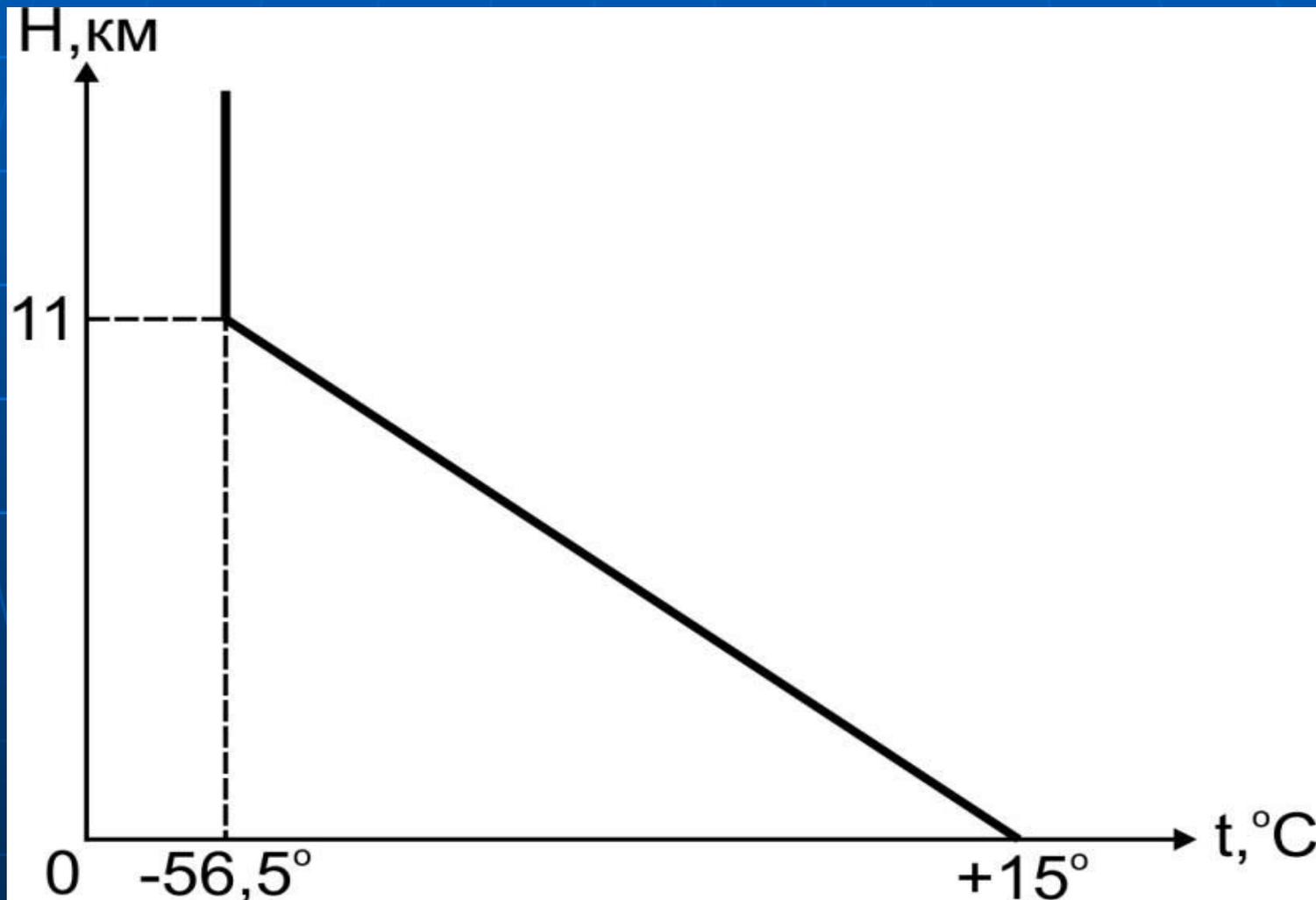


Таблица стандартной атмосферы

Выдержка из таблицы стандартной атмосферы

Высота, м	Атмосферное давление		Температура воздуха		Плотность воздуха, кг/м ³
	P, мм рт.ст.	Hра	t°С	T, К	
0	760.0	1013.2	15.0	288.1	1.225
100	751.0	1001.3	14.4	287.5	1.213
200	742.1	989.4	13.7	286.9	1.201
300	733.3	977.7	13.1	286.2	1.190
400	724.6	966.1	12.4	285.5	1.178
500	716.0	954.6	11.8	284.9	1.167
1000	674.1	898.7	8.5	261.6	1.111
2000	596.2	794.8	2.0	275.1	1.006
3000	525.7	700.9	-4.5	268.6	0.909
4000	462.2	616.2	-11.0	262.1	0.819
5000	405.0	539.9	-17.5	255.6	0.736
6000	353.7	471.5	-24.0	249.1	0.659
7000	307.8	410.3	-30.5	242.6	0.589
8000	266.8	355.7	-37.0	236.1	0.525
9000	230.4	307.1	-43.5	229.6	0.466
10000	198.1	264.1	-50.0	223.1	0.412
11000	169.5	226.0	-56.5	216.6	0.363
12000	144.7	192.9	-56.5	216.6	0.310

В МСА задан закон изменения с высотой давления, плотности воздуха и других параметров. Эти параметры для любой высоты могут быть рассчитаны по формулам. Они также приводятся в таблицах стандартной атмосферы.

Барическая ступень.

Чем больше высота, тем медленнее изменяется давление.

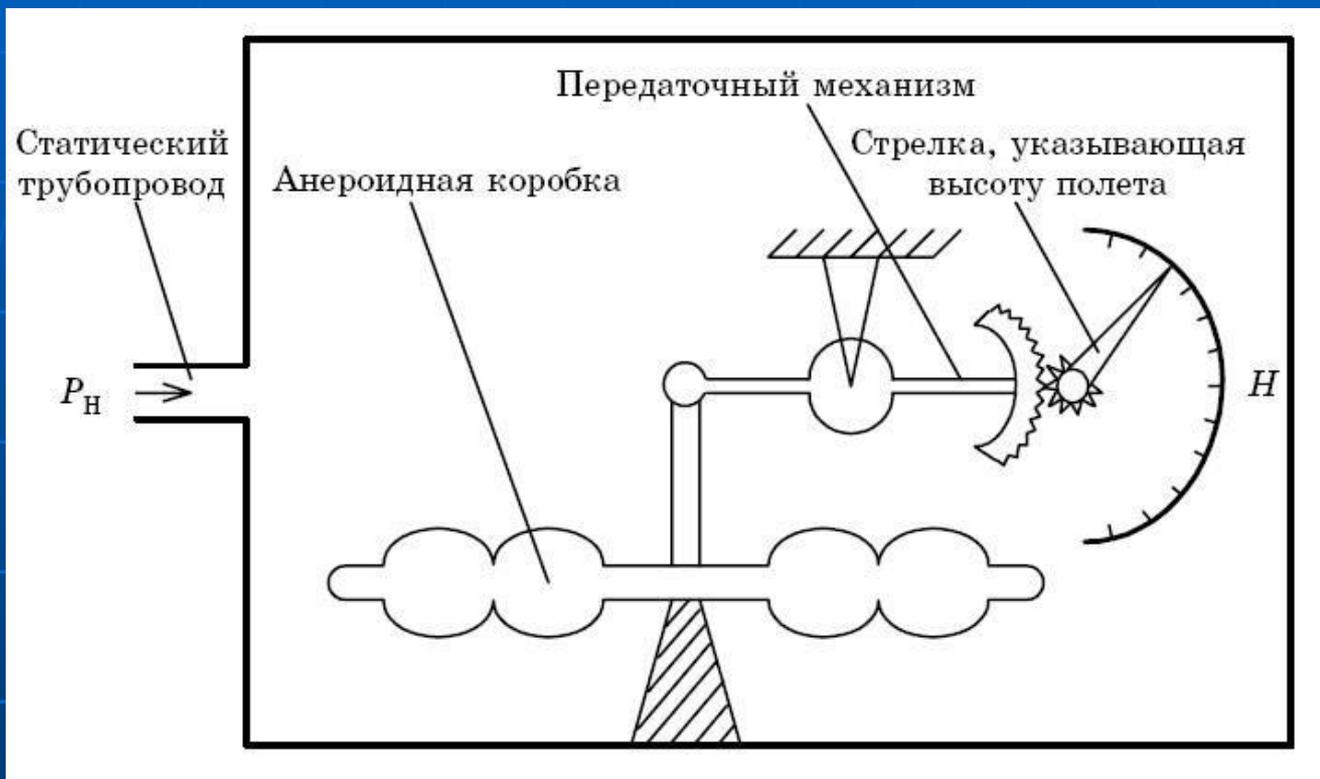
Барическая ступень h – это высота на которую нужно подняться или опуститься, чтобы давление изменилось на один мм рт.ст (или гПа). Величина барической ступени зависит от высоты.

В стандартной атмосфере на уровне моря барическая ступень составляет примерно **11 м/мм рт.ст** (или 8,3 м/гПа). Это означает, что нужно подняться на 11 м, чтобы давление уменьшилось на 1 мм рт.ст. На высоте 1000 м барическая ступень составляет уже 12 м/мм рт.ст, на высоте 6000 м почти 21 м/мм рт.ст., а на высоте 10000 м достигает 33 м/мм рт.ст.

Непостоянное значение закона изменения барической ступени МСА и несоответствие закона изменения барической ступени фактической атмосферы закону МСА **приводит к возникновению так называемой «методической» ошибки барометрических высотомеров.**

**Вопрос 2. Основы устройства
барометрических высотомеров. Погрешности
барометрических высотомеров и их учет.**

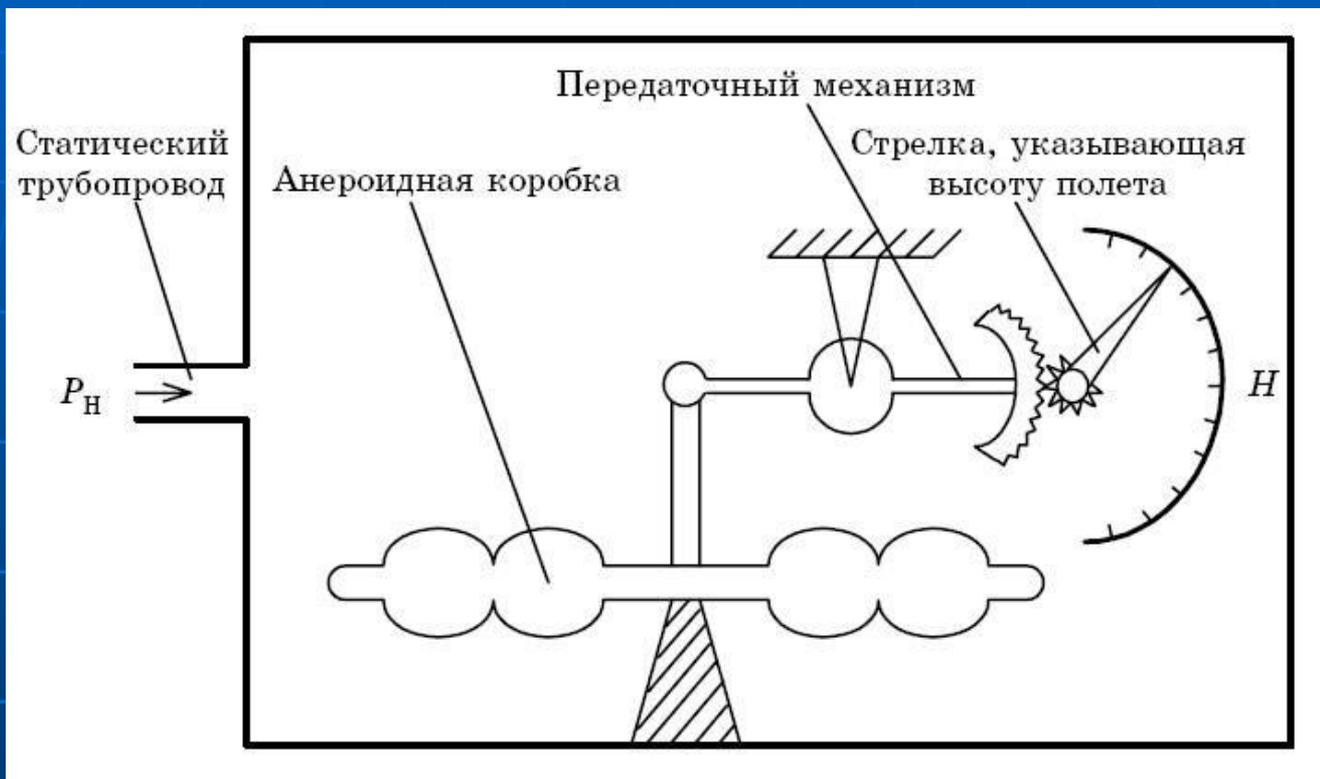
Принцип работы барометрического высотомера.



По принципу своего устройства барометрический высотомер по сути представляет собой барометр-анероид с тем лишь отличием, что его шкала отградуирована не в единицах давления, а в единицах высоты.

Основной частью высотомера, его чувствительным элементом, является **анероидная коробка** (обычно используется блок из двух анероидных коробок).

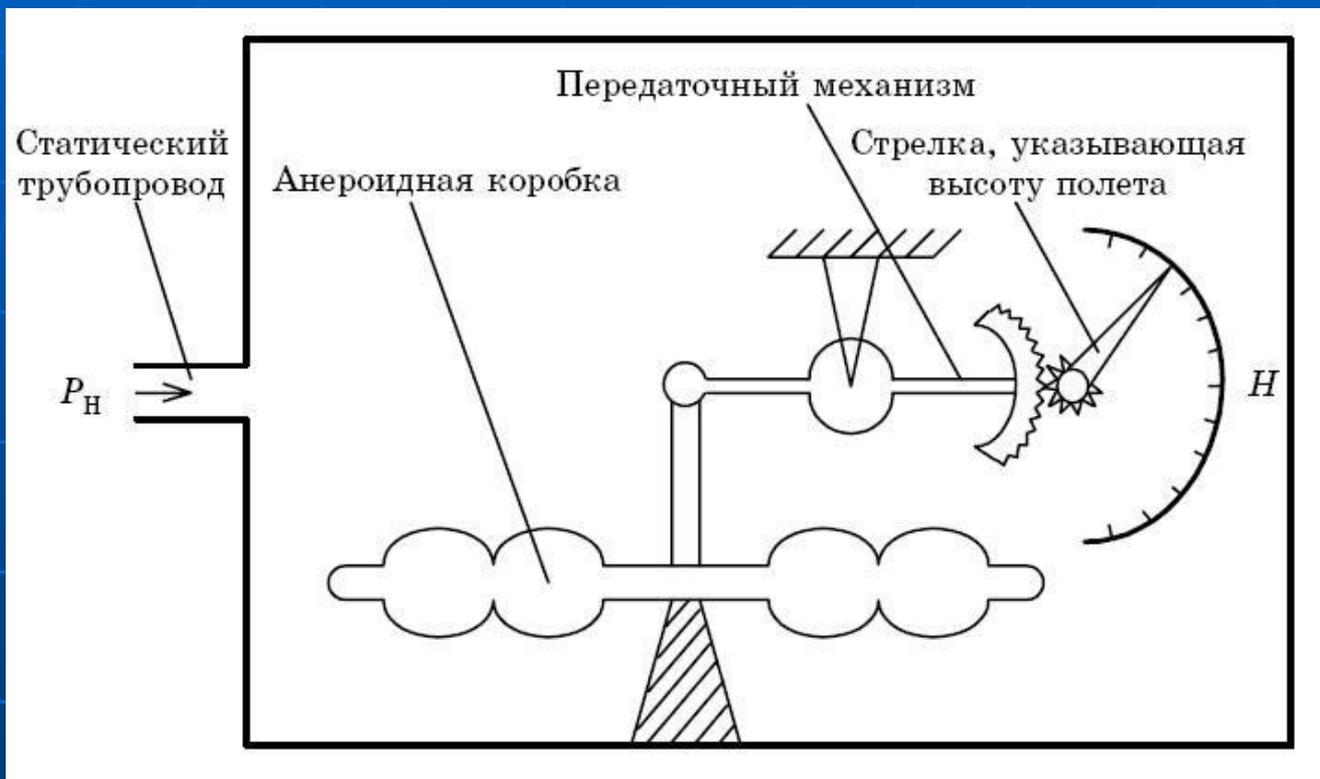
Принцип работы барометрического высотомера.



При подъеме на высоту, когда атмосферное давление снаружи анероидной коробки падает, она расширяется, при снижении наоборот, под действием увеличивающегося атмосферного давления коробка сжимается.

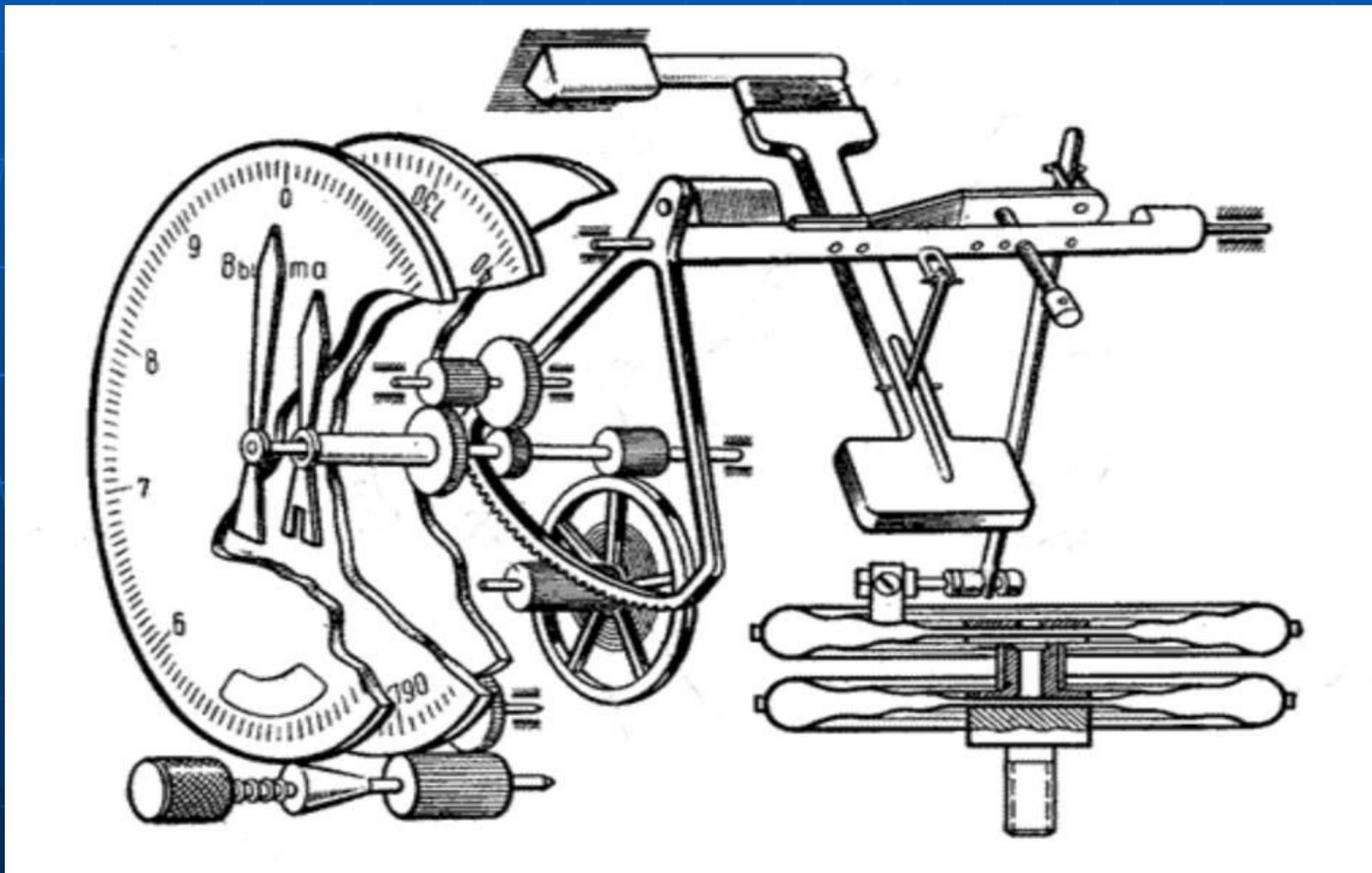
С анероидной коробкой через передаточный механизм связана стрелка, перемещение которой относительно шкалы прибора соответствует изменению высоты.

Принцип работы барометрического высотомера.



Анероидная коробка помещена в герметичный корпус прибора, в который поступает атмосферное давление за бортом **P_H** . Это же давление часто называют статическим давлением **$P_{ст}$** , то есть без учета дополнительного давления, возникающего из-за набегающего потока при движении ВС. Статическое давление поступает в трубопровод системы статического давления из **приемника воздушного давления (ПВД)**.

Устройство барометрического высотомера ВД - 20



Барометрический высотомер ВД20.

Высотомер двухстрелочный ВД-20К

1. Большая стрелка
2. Малая стрелка
3. Шкала
4. Подвижный индекс метров высоты
5. Подвижный индекс километров высоты
6. Барометрическая шкала
7. Неподвижный индекс
8. Ручка кремальеры



Барометрический двухстрелочный футомер



На самолете **P-2002 Sierra** установлен барометрический двухстрелочный высотомер (футомер) United Instruments 5934PM-3

Барометрические высотомеры имеют инструментальные, аэродинамические и методические ошибки.

Инструментальные ошибки ΔH_i возникают вследствие несовершенства изготовления прибора и неточности его регулировки. Причинами инструментальных ошибок являются несовершенство изготовления механизмов высотомера, неточность регулировок, изменение упругих свойств anerоидной коробки, люфты и т. д. Каждый высотомер имеет свои инструментальные ошибки. Они определяются путем проверки высотомера на контрольной установке, заносятся в специальную таблицу и учитываются в полете.

Аэродинамические ошибки ΔH_a возникают в результате неточного измерения высотомером атмосферного давления на высоте полета вследствие искажения воздушного потока, обтекающего самолет, особенно при полете на больших скоростях.

Величина этих ошибок зависит от скорости и высоты полета, типа приемника, воспринимающего атмосферное давление, и места его расположения. Например, на высоте 5000 м ошибка в измерении давления в 1 мм рт. ст. дает ошибку в высоте, равную 20 м, а на высоте 11 000 м такая же ошибка в измерении давления вызывает ошибку в измерении высоты около 40 м.

Ввиду малых значений и в целях упрощения инструментальные и аэродинамические поправки для самолета Р-2002 не учитываются.

Ошибки барометрических высотомеров.

Методические ошибки возникают вследствие несовпадения фактического состояния атмосферы с расчетными данными, положенными в основу для расчета шкалы высотомера. Шкала высотомера рассчитана для условий стандартной атмосферы на уровне моря: давление воздуха $P_0 = 760$ мм рт. ст., температура $t_0 = +15^\circ \text{C}$, температурный вертикальный градиент $\text{trp} = 6,5^\circ$ на 1000 м высоты.

Методические ошибки включают три составляющие: **барометрическая, температурная и ошибка, вызванная изменением рельефа местности.**

Барометрическая ошибка.

Барометрическая ошибка. В полете барометрический высотомер измеряет высоту относительно того, уровня, давление которого установлено на шкале. Он не учитывает изменение давления по маршруту. Обычно атмосферное давление в различных точках земной поверхности в один и тот же момент неодинаковое. Поэтому барометрическая высота будет изменяться в зависимости от распределения атмосферного давления у Земли. При падении атмосферного давления по маршруту барометрическая высота будет уменьшаться, при повышении давления – увеличиваться. барометрическая ошибка $\Delta H_{\text{бар}}$, обусловлена непостоянством атмосферного давления у Земли.

Ошибка $\Delta H_{\text{бар}}$ учитывается следующим образом:

перед вылетом - установкой стрелок высотомера на нуль;

перед посадкой - установкой на высотомере давления аэродрома посадки;

при расчете высот - путем учета поправки на изменение атмосферного давления.

Температурная ошибка. Причиной $\Delta H_{\text{темп}}$ является несоответствие фактического распределения температуры воздуха с высотой стандартным значениям МСА, принятым в расчете механизма высотомера.

Температурная ошибка особенно опасна при полетах на малых высотах и в горных районах в холодное время года.

В практике считают, что для малых высот каждые 3° отклонения фактической температуры воздуха от стандартной вызывают ошибку, равную 1% измеряемой высоты.

Необходимо помнить: в холодное время года (при температуре ниже стандартной) барометрический высотомер показывает высоту больше фактической.

Обычно методическая температурная поправка учитывается с помощью навигационной линейки **НЛ-10М**.

Ошибка барометрических высотомеров за счет изменения рельефа местности.

Ошибка, вызванная изменением рельефа местности. $\Delta H_{рел}$ возникает потому, что высотомер в продолжение всего полета указывает высоту не над пролетаемой местностью, а относительно уровня изобарической поверхности, атмосферное давление которого установлено на приборе. Чем разнообразнее рельеф пролетаемой местности, тем больше будут расходиться показания высотомера с истинной высотой.

Для определения истинной высоты полета необходимо учитывать поправку на рельеф пролетаемой местности, которая определяется:

$$\Delta H_{рел} = H_{рел} - H_{аэр}$$

где $\Delta H_{рел}$ - поправка на рельеф пролетаемой местности, имеет знак (+), если абсолютная высота точки выше аэродрома взлета, и знак (-), если ниже;

$H_{рел}$ - абсолютная высота точки рельефа местности (участка маршрута, для которого выполняется расчет), определяется летчиком (экипажем) по полетной карте;

$H_{аэр}$ - абсолютная высота аэродрома взлета.

Тогда:

$$H_{ист} = H_{отн} - \Delta H_{рел},$$

где $H_{отн}$ - относительная высота, измеренная барометрическим высотомером.

**Вопрос 3. Уровни начала отсчета
барометрической высоты. Порядок установки
барометрических высотомеров.**

Уровни начала отсчета барометрической высоты.

С точки зрения безопасности полетов необходимо, чтобы высоты всех ВС, выполняющих полеты в определенном районе или диапазоне высот, отсчитывались от одного и того же уровня.

Поэтому авиационные нормативные документы строго устанавливают, в каких случаях какой уровень начала отсчета высоты следует использовать (пункты 3.19-3.30 Федеральных авиационных правил «Подготовка и выполнение полетов в гражданской авиации Российской Федерации»).

- * Уровень давления аэродрома **Раэр.или QFE**
- * Уровень давления $P=760$ мм.рт.ст. **Стандартное давление или QNE**
- * Уровень приведенного минимального давления **P пр.мин.**
- * Уровень давления приведенного к среднему уровню моря в условиях стандартной атмосферы. **QNH.**

Стандартное давление

Стандартное давление $P = 760$ мм рт.ст. (1013,2 Гпа) (QNE).

Стандартное давление – это постоянное число, численно соответствующее давлению на уровне моря в стандартной атмосфере. Это давление используется в полетах по маршруту выше высоты перехода. Стандартное давление, соответствующее давлению на уровне моря в стандартной атмосфере. Все ВС выполняющие полеты по приборам, независимо от того, с какого аэродрома они вылетели, измеряют высоту по давлению 760.

Перевод шкал давления барометрического высотомера с давления аэродрома на давление 760 выполняется на **высоте перехода** в процессе набора высоты (эшелона полета).

При выполнении снижения экипаж устанавливает вместо стандартного давления давление аэродрома **на эшелоне перехода**.

Давление аэродрома Раэр (QFE).

В Российской Федерации используется при взлете и посадке ВС. Перед вылетом экипаж узнает давление аэродрома во время предполетной подготовки, а перед заходом на посадку его сообщает экипажу диспетчер по управлению воздушным движением.

Приведенное минимальное давление

Приведенное минимальное давление $P_{\text{прив.мин.}}$

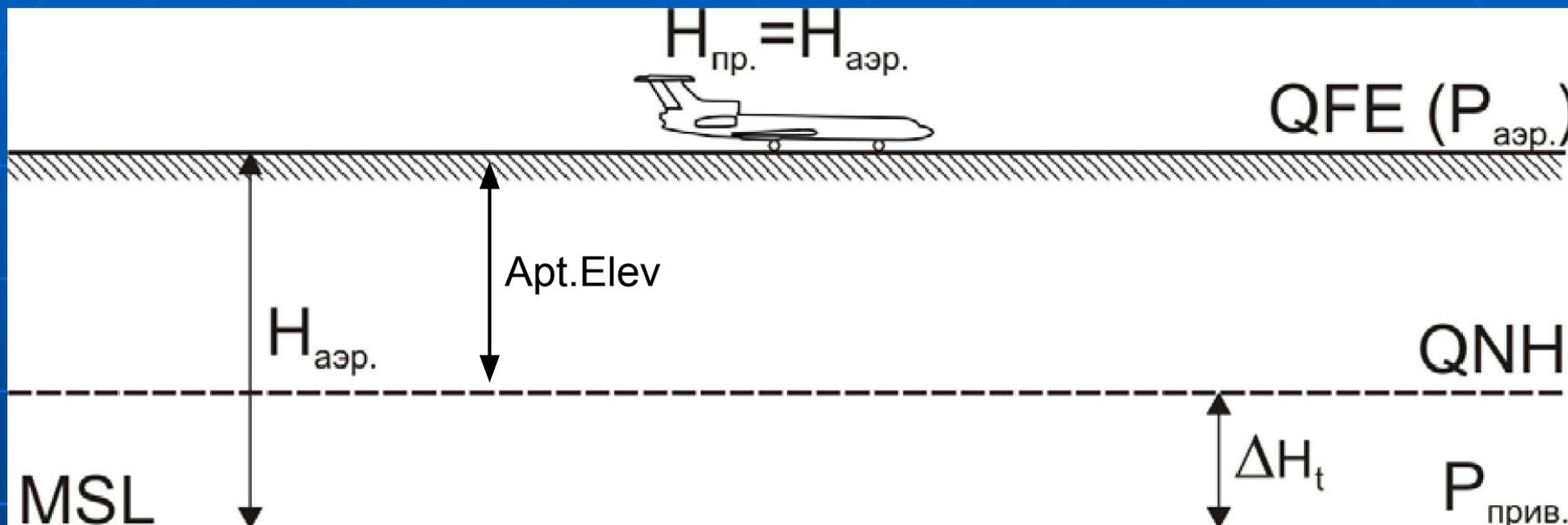
Это давление в международной практике не используется. В Российской Федерации по приведенному минимальному давлению выполняются полеты по правилам визуальных полетов (ПВП) ниже нижнего эшелона (то есть на малых высотах) при полете по маршруту или в районе авиационных работ.

Слово «приведенное» означает, что это не давление в какой-то точке на рельефе местности, а давление пересчитанное (приведенное) по барометрическим формулам к уровню моря. Если в какой-либо точке рельефа выкопать колодец до уровня моря и опустить туда барометр, то он покажет приведенное давление в данной точке местности.

Таким образом, **приведенное давление – это давление на уровне моря в данном географическом пункте.**

Приведенное минимальное давление приведенное к среднему уровню моря в стандартной атмосфере.

3
3

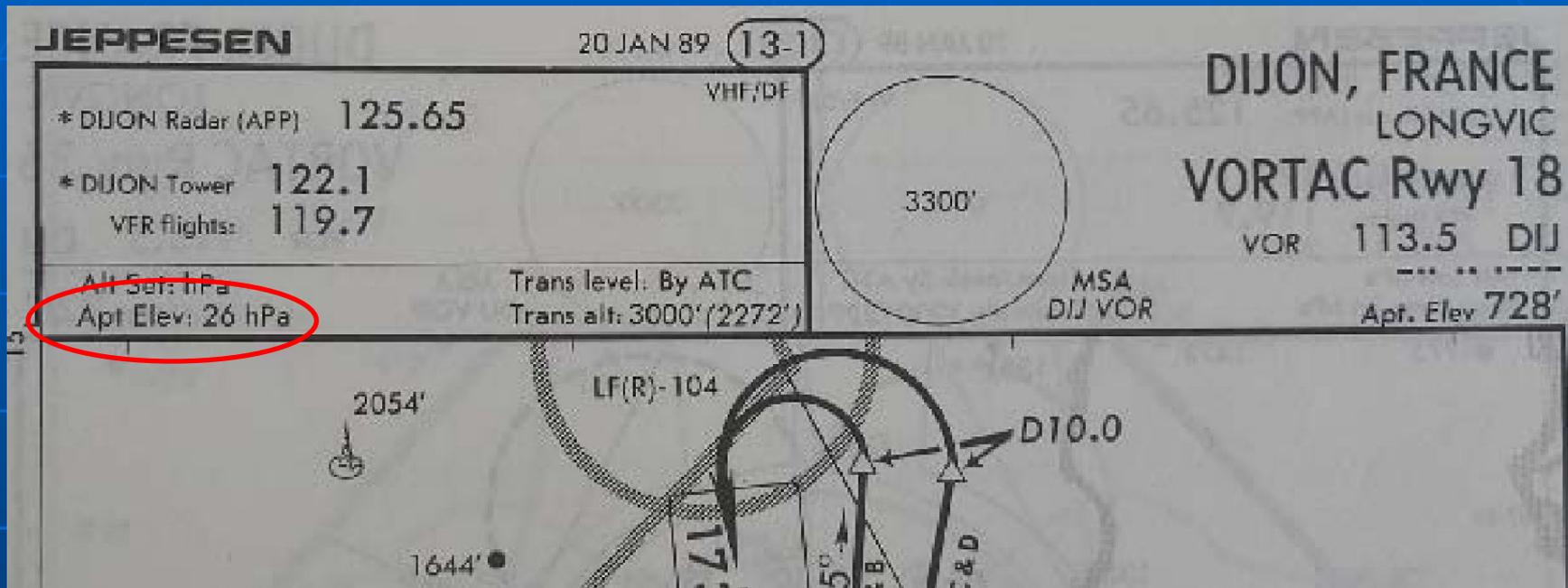


Давление аэродрома (или пункта), приведенное к уровню моря по стандартной атмосфере (QNH).

Это давление используется в международной авионавигации при взлете и посадке вместо QFE и при полете на малых высотах (ниже высоты перехода) вместо $P_{прив.мин.}$

QNH - это давление, которое необходимо установить на находящемся на аэродроме высотомере, чтобы высотомер показывал превышение (абсолютную высоту)

Уровень давления QNH



Разность между QNH и давлением на аэродроме QFE является **ПОСТОЯННОЙ** для каждого аэродрома. Она не зависит ни от фактической температуры, ни от самого давления и численно равна превышению аэродрома Наэр, выраженному в единицах давления в соответствии со стандартной атмосферой.

Эта разность публикуется в Сборниках аэронавигационной информации на карте захода на посадку и используется для перехода от QFE к QNH и обратно (обозначается **Apt.Elev.**, исчисляется в hPa)

$QNH = QFE + Apt.Elev.$

Порядок установки давления

Порядок установки давления на барометрическом высотомере жестко регламентирован Федеральными авиационными правилами «Подготовка и выполнение полетов в гражданской авиации Российской Федерации». Ниже текст – в изложении Правил.

3.19. При выполнении полетов на шкалах давления барометрических высотомеров устанавливаются:

- стандартное атмосферное давление (далее - QNE) - 760 мм рт.ст.;
- давление аэродрома (далее - QFE);
- минимальное из приведенных к среднему уровню моря по стандартной атмосфере давлений в пределах района ЕС ОрВД (установленного участка района ЕС ОрВД) (далее - QNH).

Давление аэродрома, передаваемое экипажу воздушного судна, может относиться к уровню КТА, либо к уровню рабочего порога ВПП.

3.20. Перед взлетом с контролируемого аэродрома на шкалах давлений барометрических высотомеров устанавливается QFE или QNH аэродрома и проверяются показания всех высотомеров путем сравнения с отметкой "0" на высотомере при установке QFE или превышением места взлета при установке QNH аэродрома.

3.21. Пункт исключен. (Пр. 263 от 22.11.10 г.).

3.22. После взлета с контролируемого аэродрома перевод шкал давления барометрических высотомеров с QFE или QNH аэродрома членом летного экипажа воздушного судна, установленным РЛЭ, производится:

- на стандартное атмосферное давление (QNE) - при пересечении высоты перехода;
- на QNH района – по указанию органа ОВД.

Перед заходом на посадку на контролируемый аэродром перевод шкал давления барометрических высотомеров на QFE или QNH аэродрома членом летного экипажа воздушного судна, установленным РЛЭ, производится:

- со стандартного атмосферного давления - при пересечении эшелона перехода;
- с QNH района – по указанию органа ОВД.

Полеты воздушных судов в слое между высотой перехода и эшелоном перехода в режиме горизонтального полета запрещаются.

3.23. Пункт исключен. (Пр. 263 от 22.11.10 г.).

3.24. На аэродроме, не являющимся контролируемым (далее - неконтролируемый аэродром), взлет производится по QNH аэродрома, а посадка – по QNH аэродрома или района. При отсутствии информации о QNH перед взлетом высотомер устанавливается экипажем воздушного судна на превышение аэродрома над уровнем моря.

3.25. Пункт исключен. (Пр. 263 от 22.11.10 г.).

3.26. При выполнении полета воздушного судна за пределами района аэродрома перевод шкал давления барометрических высотомеров членом летного экипажа воздушного судна, установленным РЛЭ, производится:

- при пересечении высоты перехода района в наборе высоты - с давления QNH района на стандартное атмосферное давление (QNE);
- при пересечении эшелона перехода района в снижении - со стандартного атмосферного давления (QNE) на давление QNH района.

3.27. Пункт исключен. (Пр. 263 от 22.11.10 г.).

3.28. Пункт исключен. (Пр. 263 от 22.11.10 г.).

3.29. На аэродромах, расположенных в горной местности, при давлении на аэродроме (QFE) меньше предельного значения, которое может быть установлено экипажем воздушного судна на шкале давления барометрического высотомера, полеты производятся по давлению QNH.

3.30. Пункт исключен. (Пр. 263 от 22.11.10 г.).

Вопрос 4. Расчет безопасных высот полета по ПВП.

Расчет безопасной высоты полета по кругу.

Расчет высоты полета по аэродромному кругу (высоты круга) производится по формуле:

$$\mathbf{H_{без.кр.} = H_{без.ист.} + \Delta H_{рел.} + \Delta H_{преп.} - \Delta H_t}$$

где: **H_{без.ист.}** - установленное значение истинной безопасной высоты полета в полосе шириной 10 км. По 5 км от оси полета по кругу; **100м** – при полетах по ПВП и **200м** при полетах по ППП

$\Delta H_{рел.}$ Максимальное превышение рельефа местности над низшим порогом ВПП в полосе 10км ,по 5 км от оси маршрута полета по кругу. м;

▪ **$\Delta H_{преп.}$** Максимальное превышение препятствий наднаивысшей точкой рельефа местности в полосе 10км.

ΔH_t - методическая температурная поправка высотомера, определяемая по навигационной линейке или по формуле:

$$\Delta H_t = \frac{t_0 - 15^\circ}{300} \text{ Ниспр}$$

Расчет безопасной высоты в районе аэродрома при полете ниже нижнего эшелона производится по формуле:

$$\mathbf{Нбез.аэр. = Нбез.ист. + \Delta Нпреп. - \Delta Нt}$$

где: Нбез.ист. - установленное значение истинной безопасной высоты полета в зоне взлета и посадки, м;

$\Delta Нпреп.$ - высота наивысшей точки рельефа местности с учетом естественных препятствий на ней относительно уровня аэродрома.

Высота искусственных препятствий учитывается в $\Delta Нпреп.$ при скорости полета более 300 км/ч, а в горной местности - во всех случаях независимо от скорости полета в пределах установленной ширины полосы, м;

$\Delta Нt$ - методическая температурная поправка высотомера, определяемая по навигационной линейке или по формуле:

$$\Delta Нt = \frac{t_0 - 15^\circ}{300} \text{ Ниспр}$$

где: t_0 - фактическая температура на аэродроме, град.;
Ниспр. = Нбез.ист. + $\Delta Нпреп.$

Расчет безопасной высоты при полете ниже нижнего эшелона.

*Расчет безопасной высоты полета по маршруту
ниже нижнего эшелона производится по формуле:*

$$\mathbf{H_{ниж.без.} = H_{ист.без.} + H_{рел.} + \Delta H_{преп.} - \Delta H_t}$$

где: $H_{ист.без.}$ - установленное значение истинной безопасной высоты полета при полете по ПВП и ППП, п.16 ФАП 136/42/51. На равнине: **100м** – при скорости менее 300км/час. **200м** – при скорости более 300км/час. В горной местности : **300м** – горы 2000м и менее, **600м** – горы более 2000м

$H_{рел.}$ – значение абсолютной высоты наивысшей точки рельефа местности. По ПВП в пределах **МВЛ (4км)** ; по ППП в полосе **50 км** по 25 км от оси маршрута.

$\Delta H_{преп.}$ – максимальное значение превышения препятствий над наивысшей точкой рельефа местности.

ΔH_t - методическая температурная поправка высотомера, определяемая по навигационной линейке или по формуле:

$$\Delta H_t = \frac{t_0 - 15^\circ}{300} H_{испр}$$

где: t_0 - фактическая температура на аэродроме взлета или посадки (меньшая из них), град.;

ВОПРОСЫ?