

Классификация высот полета от уровня измерения

Высотой полета H называется расстояние по вертикали от самолета до уровня, принятого за начало отсчета. Высота измеряется в метрах.

В самолетовождении в зависимости от уровня начала отсчета различают **следующие высоты полета: истинную, абсолютную и барометрическую.**

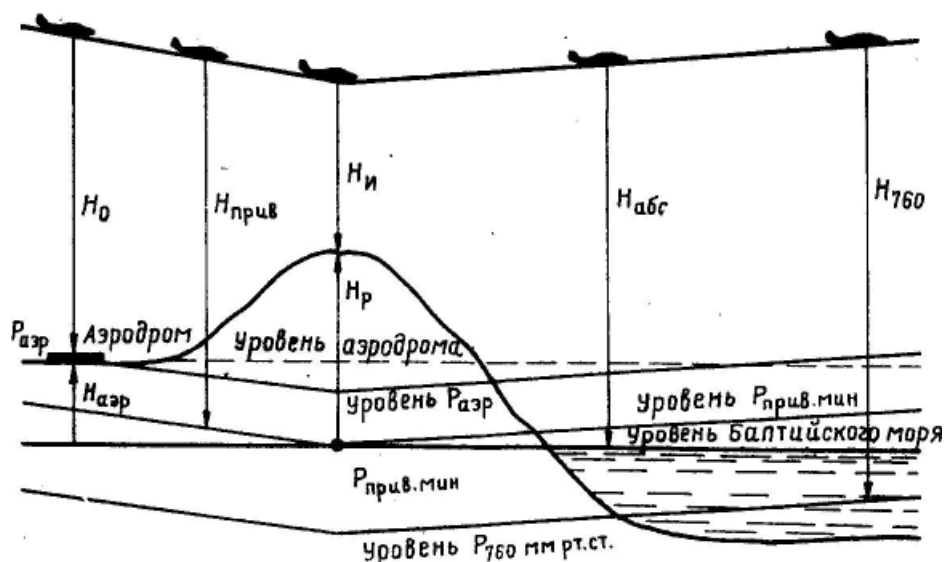
Истинной высотой $H_{и}$ называется высота полета, измеряемая относительно пролетаемой местности. В горизонтальном полете истинная высота изменяется соответственно изменению рельефа местности.

Абсолютной высотой $H_{абс}$ называется высота полета, измеряемая относительно уровня Балтийского моря.

Барометрической высотой H_b называется высота полета, измеряемая относительно изобарической поверхности атмосферного давления, установленного на шкале барометрического высотомера.

Барометрическая высота может быть:

- 1) **относительной H_o** , если она измеряется относительно давления аэродрома вылета или посадки (используется при полетах ниже нижнего эшелона в зоне взлета и посадки);
- 2) **приведенной $H_{прив}$** , если она измеряется относительно минимального давления участка трассы, которое приведено к уровню моря (используется при визуальных полетах по маршруту ниже нижнего эшелона);
- 3) **условно барометрической H_{760}** , если она измеряется относительно условного уровня давления 760 мм рт. ст. (используется для выдерживания заданных эшелонов при полетах по трассам и в зоне ожидания).



Классификация высот от уровня измерения

Способы измерения высоты полета

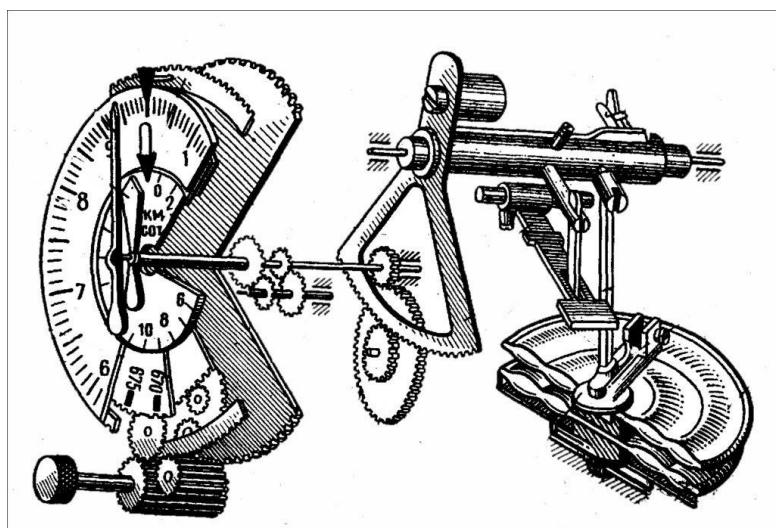
Основными способами измерения высоты полета являются барометрический и радиотехнический.

Барометрический способ измерения высоты основан на принципе измерения атмосферного давления, закономерно изменяющегося с высотой. Барометрический высотомер представляет собой обыкновенный барометр, у которого вместо шкалы давлений поставлена шкала высот. Такой высотомер определяет высоту полета самолета косвенным путем, измеряя атмосферное давление, которое изменяется с высотой по определенному закону.

Барометрический способ измерения высоты связан с рядом ошибок, которые, если их не учитывать, приводят к значительным погрешностям в определении высоты. Несмотря на это, барометрические высотомеры ввиду простоты и удобства пользования широко применяются в авиации.

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.

Принцип измерения высоты радиотехническим способом можно представить следующим образом. На самолете устанавливается передатчик и приемник. Передатчик излучает радиосигналы короткими импульсами, которые направляются антенной к земле и одновременно поступают на приемник. Дойдя до земной поверхности, сигналы отражаются и принимаются приемником, который связан с индикаторным устройством. Последнее по интервалу времени между поступлением в приемник прямого и отраженного радиосигналов определяет высоту полета самолета, которая отсчитывается по шкале.



Принцип работы механического высотомера



Высотомер ВД-10

Ошибки барометрических высотомеров

Барометрические высотомеры имеют инструментальные, аэродинамические и методические ошибки.

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

Аэродинамические ошибки ΔH_a возникают в результате неточного измерения атмосферного давления на высоте

полета вследствие искажения воздушного потока, особенно при полете на больших скоростях. Эти ошибки зависят от скорости полета, типа приемника, воспринимающего атмосферное давление, и места его расположения. Они определяются при испытаниях самолетов и заносятся в таблицу поправок. Для упрощения учета инструментальных и аэродинамических поправок составляется таблица показаний высотомера с учетом суммарных поправок, которая помещается в кабине самолета (табл. 5.1).

Таблица

Показания высотомера с учетом суммарных поправок

Заданная высота полета, <i>м</i>	Показани я высотоме ра, <i>м</i>	Заданная высота полета, <i>м</i>	Показан ия высотом ера, <i>м</i>
0	0	4 500	4 550
600	640	4 800	4 860
900	960	5 100	5 170
1 200	1 250	5 400	5 470
1 500	1 540	5 700	5 750
1 800	1 860	6 000	6 070
...	...	...	...

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 $t_{gp}=6,5^\circ$ на 1000 м высоты.

Использование стандартной атмосферы предполагает,

что заданной высоте соответствует вполне определенное давление. Но так как в каждом полете действительные условия атмосферы не совпадают с расчетными, то высотомер показывает высоту с ошибками.

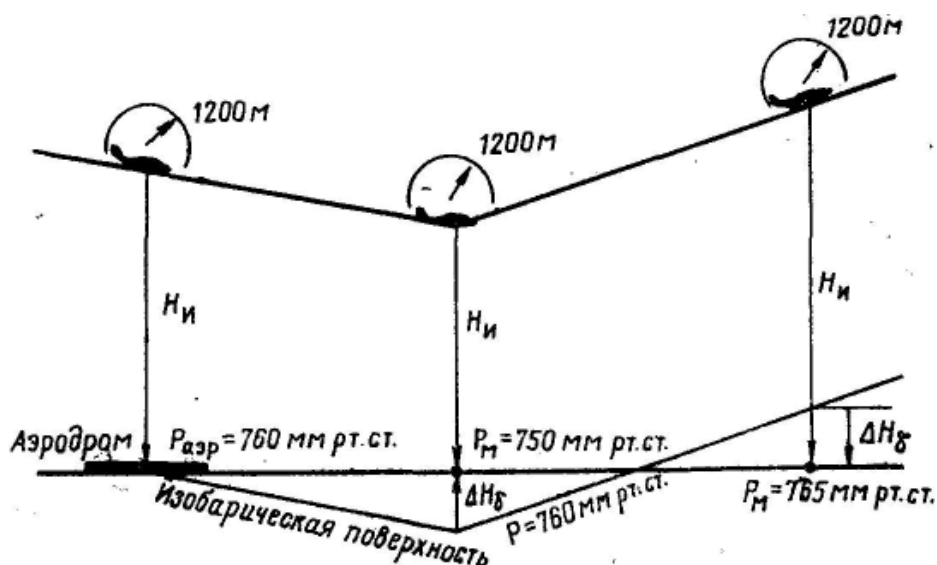
Барометрическому высотомеру присущи также ошибки вследствие того, что он не учитывает изменения топографического рельефа местности, над которой пролетает самолет.

Методические ошибки барометрического высотомера делятся на три группы:

- 1) **ошибки от изменения атмосферного давления у земли;**
- 2) **ошибки от изменения температуры воздуха;**
- 3) **ошибки от изменения рельефа местности.**

Ошибки от изменения атмосферного давления у земли. Барометрический высотомер измеряет высоту полета относительно уровня изобарической поверхности, атмосферное давление которой установлено на шкале давлений высотомера. Он не учитывает изменения давления по маршруту. Обычно атмосферное давление в различных точках земной поверхности в один и тот же момент неодинаковое. На рис. показано, что на аэродроме вылета давление равно *760 мм рт. ст.*, а по маршруту полета оно в определенных точках равно *750* и *765 мм рт. ст.* Перед вылетом стрелки высотомера устанавливаются на нуль, при этом шкала давлений высотомера установится на давление аэродрома вылета (в приведенном примере шкала давлений установится на отсчет *760 мм рт. ст.*). Если пилот по маршруту будет выдерживать заданную приборную высоту, то истинная высота будет изменяться в зависимости от распределения атмосферного давления у земли. При падении атмосферного давления по маршруту истинная высота будет уменьшаться, при повышении давления — увеличиваться. Как видно из рисунка, изменение истинной высоты

происходит вследствие изменения атмосферного давления на уровне, относительно которого ведется отсчет истинной высоты.



Ошибки высотомера от изменения давления у земли

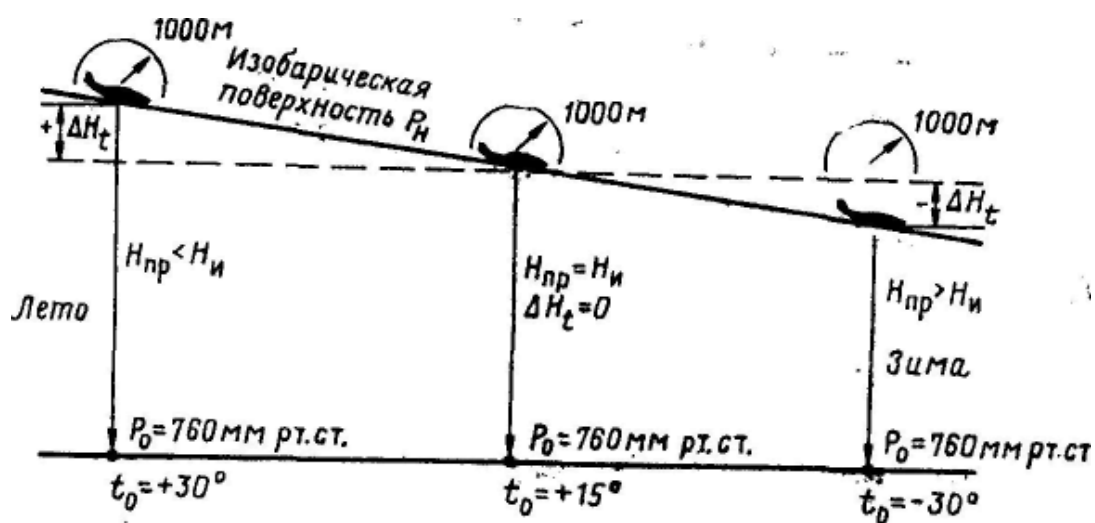
Изменение атмосферного давления с высотой характеризуют барометрической ступенью — высотой, на которую надо подняться или опуститься от исходного уровня, чтобы давление изменилось на 1 мм рт. ст.

В практике барометрическую ступень для малых высот берут равной 11 м. Следовательно, каждому миллиметру изменения давления у земли соответствует 11 м высоты, т. е. $\Delta H_6 = 11 \cdot \Delta P$.

Ошибки от изменения атмосферного давления у земли учитываются следующим образом:

- 1) перед вылетом — установкой стрелок высотомера на ноль;
- 2) перед посадкой — установкой на высотомере давления аэродрома;
- 3) при расчете высот — путем учета поправки на изменение атмосферного давления (ΔH_6).

Ошибки от изменения температуры воздуха. Шкала высотомера тарируется по стандартной средней температуре воздуха в слое измеряемой высоты. Поэтому высотомер будет правильно показывать высоту полета только при совпадении фактической средней температуры воздуха с расчетной. Но в реальных условиях фактическая температура воздуха, как правило, не совпадает с расчетной. Поэтому высотомер показывает высоту с ошибкой. Сущность этой ошибки заключается в том, что при изменении температуры воздуха у земли происходит изменение температуры и давления воздуха на высоте. В холодное время года воздух становится более плотным, и в этом случае давление с поднятием на высоту уменьшается быстрее, чем в теплое время, когда воздух обладает меньшей плотностью.



Ошибки высотомера от изменения температуры воздуха

Методическая температурная поправка высотомера

$$\Delta H_t = \Delta H_{np} * (\Delta T_{cp} / T_{cp} \cdot \text{фак})$$

где H_{np} — приборная высота полета;

$t_{ср.фак}$ — средняя фактическая температура воздуха в слое от нулевого уровня до высоты полета;

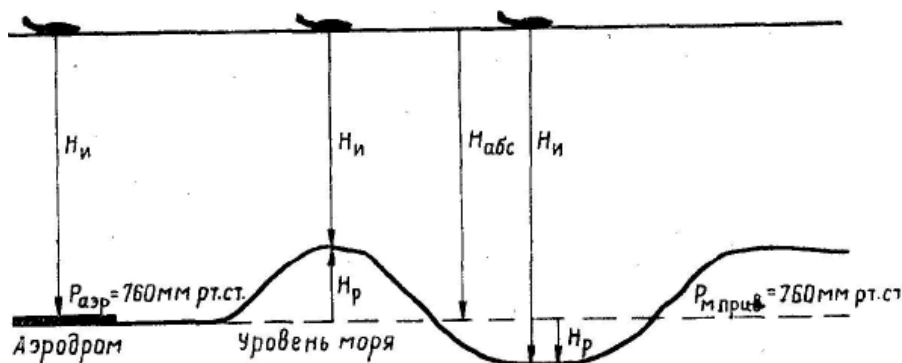
$\Delta T_{ср}$ — разность между средней фактической температурой и средней стандартной температурой для данной высоты.

Знак поправки определяется знаком $\Delta T_{ср}$.

Из формулы следует, что высотомер при температурах у земли ниже $+15^\circ$ будет завышать, а при температурах выше $+15^\circ$ занижать показания высоты (рис. 5.3).

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.

Ошибки от изменения рельефа местности. Эти ошибки возникают потому, что высотомер в продолжение всего полета указывает высоту не над пролетаемой местностью, а относительно уровня изобарической поверхности, атмосферное давление которого установлено на высотомере. Чем разнообразнее рельеф пролетаемой местности, тем больше будут расходиться показания высотомера с истинным значением высоты.



Ошибки высотомера от изменения рельефа местности

Для определения истинной высоты полета необходимо учитывать поправку на рельеф пролетаемой местности. Высота рельефа определяется по карте. При расчете истинной высоты поправка на рельеф алгебраически вычитается из абсолютной высоты, а при расчете приборной высоты прибавляется.

Переход с QFE на QNH

В 2024 году переход на выполнение полетов с использованием значений высот в футах по давлению QNH и в метрах по давлению QFE осуществлен на 34 аэродромах ГА. Таким образом, на сегодняшний день в Российской Федерации по давлению QNH с применением высот в футах работают 132 аэродрома.

В 2025 году запланировано осуществление перехода на QNH еще на 33 аэродромах.

Внедрение правил и процедур, связанных с переходом на выполнение полетов с использованием давления QNH, осуществляется в соответствии с постановлением Правительства Российской Федерации от 02.12.2020 № 1991 о внесении изменений в Федеральные правила использования воздушного пространства Российской Федерации.

Стандартизация правил и процедур на основе применения давления QNH и измерения высоты полетов в футах направлено на повышение уровня безопасности полетов при обслуживании полетов российских и зарубежных авиакомпаний.

Международная стандартная атмосфера (сокр. МСА, от англ. ISA)- условное вертикальное распределение

температуры, давления и плотности воздуха в атмосфере Земли. Для МСА принимают следующие условия:

- давление воздуха на среднем уровне моря при температуре 15 °С равно 1013 гПа (760 мм рт. ст.),

- давление воздуха уменьшается по вертикали с увеличением высоты на 1 мм рт. ст. на каждые 11 метров и на 1 гПа на каждые 8.25 метров;

- температура уменьшается по вертикали с увеличением высоты на 6,5 °С на 1 км до уровня 11 км (условная высота начала тропопаузы), где температура становится равной - 56,5 °С и почти перестает меняться (Дос. 7488 Руководство по стандартной атмосфере, ICAO).

QNH и **QFE** скорее являются условными обозначениями, чем сокращениями, и заимствованы авиацией из так называемого Q-кода. Q-код (**Q** - от английского слова **Question** (вопрос) был введен на Конгрессе радиотелеграфистов, который состоялся в Лондоне в 1912 г., как способ создания специальной сокращенной системы условных знаков (букв) для азбуки Морзе.

Группы а-кода от **QAA** до **QNZ** были зарезервированы для аэронавигационного обеспечения. Гражданская авиация впервые стала использовать радиопередачи в начале 30-х годов двадцатого столетия.

В гражданской авиации используются следующие условные обозначения.

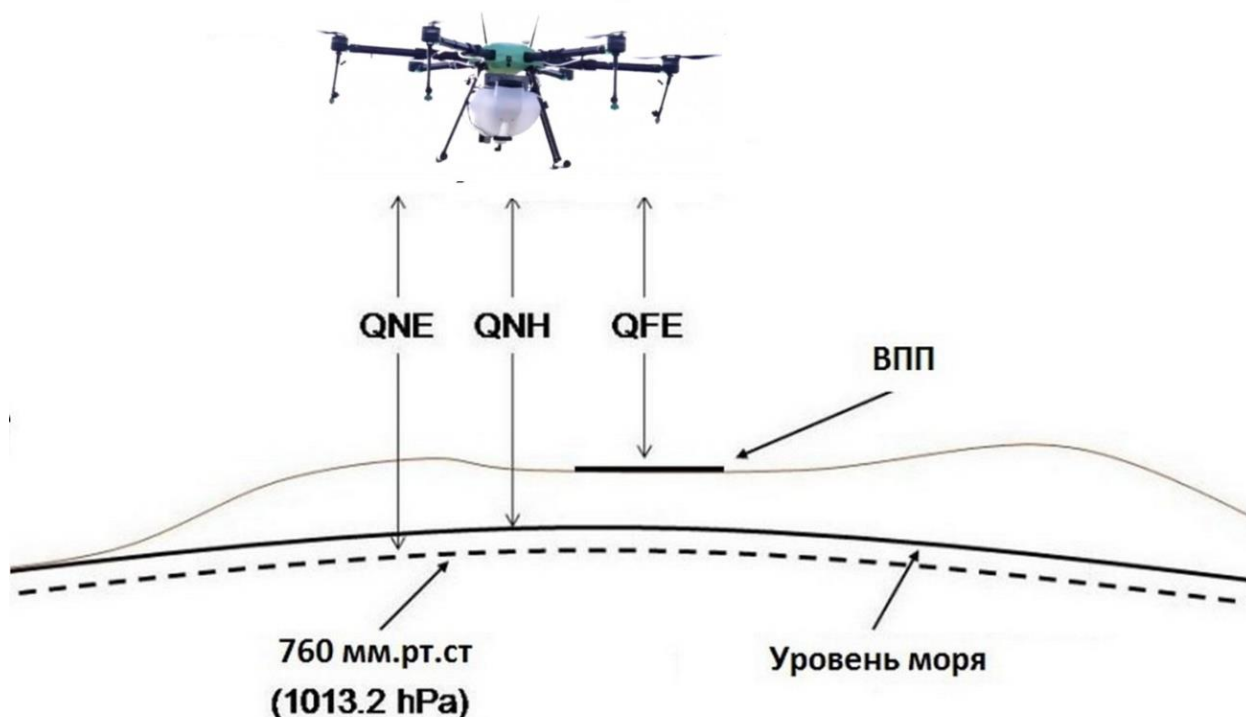
QNH	Q- code	Nautical Height Морская Высота	Давление, приведенное к среднему уровню моря по стандартной атмосфере
QFE	Q-code	Field Elevation Превышение летного поля (полосы)	Давление на уровне контрольной точки аэродрома, либо рабочего порога ВПП
QNE	Q- code	Nautical Elevation Уровень моря	Стандартное атмосферное давление на уровне моря (1013.2 гПа, 760 мм рт. ст.)

В соответствии с п. 3.19 ФАП «Подготовка и выполнение полетов в гражданской авиации Российской Федерации» при выполнении полетов на шкалах давления барометрических высотомеров устанавливаются:

1. стандартное атмосферное давление (**QNE**) - 1013,2 гПа;
2. давление аэродрома (**QFE**);
3. давление аэродрома, приведенное к среднему уровню моря по стандартной атмосфере (**QNH аэродрома**);
- минимальное из приведенных к среднему уровню моря по стандартной атмосфере давлений в пределах района ЕС ОрВД (установленного участка района ЕС ОрВД) (**QNH района**).

Давление аэродрома (QFE), передаваемое экипажу воздушного судна, может относиться либо к уровню контрольной точки аэродрома, либо к уровню рабочего порога ВПП.

QNH значительно меньше отличается от QNE, чем QFE



Несмотря на развитие электроники и спутниковой навигации, самым точным и поэтому основным способом определения высоты самолёта остаётся барометрический высотомер. Чем ты выше, тем меньше атмосферное давление: простая и надёжная система.

Вот только есть нюанс: атмосферное давление — величина непостоянная. Она разная в разных местах и в разное время, и постоянно меняется.

Решается эта проблема очень просто: пилотам сообщают реальное атмосферное давление, и они сохраняют высоту полета уже от него.

Есть два разных стандарта: QFE и QNH.

При полётах по QFE в качестве «отправной точки» используется давление в районе аэродрома. В этом случае высотомер на взлётно-посадочной полосе будет показывать ноль: очень удобно.

Решается эта проблема очень просто: пилотам сообщают реальное атмосферное давление, и они сохраняют высоту полета уже от него.

Есть два разных стандарта: QFE и QNH.

При полётах по QFE в качестве «отправной точки» используется давление в районе аэродрома. В этом случае высотомер на взлётно-посадочной полосе будет показывать ноль: очень удобно.

При полётах по QNH используется давление, приведённое к уровню моря. В этом случае на взлётно-посадочной полосе высотомер будет показывать превышение аэродрома – то есть, его высоту относительно уровня моря. А пилот должен держать в голове, что вот именно здесь превышение, скажем, 1600 футов (500 метров). Казалось бы, так сложно и неудобно.

Однако QFE или QNH используются в полёте в зоне аэродрома и на маршрутах на малых высотах.

И есть ещё QNE: стандартное давление, по которому высотомеры работают в горизонтальном полёте. Смысл QNE в том, что неважно, какое давление в реальности: все устанавливают стандартное (1013,25 гПа, 760 мм или 29,92 дюйма ртутного столба) и отсчитывают высоту по нему, именно эти показания называются эшелонами.

Благодаря этому у всех самолётов, откуда бы они ни взлетели, отображается одинаковая высота, что важно для управления воздушным движением. Различия в показаниях недопустимы, поскольку на соседних эшелонах самолёты движутся в противоположных направлениях. На чётных, т.е. например 28000, 30000, 32000 футов и т.д. – в одну сторону, на нечётных, т.е. 29000, 31000, 33000 и т.д. – в другую.

Разница – 1000 футов, то есть, 300 метров, так что точность имеет значение!

Конкретное распределение эшелонов и направлений (чётные/нечётные) может отличаться в разных регионах, но принцип разведения потоков сохраняется.

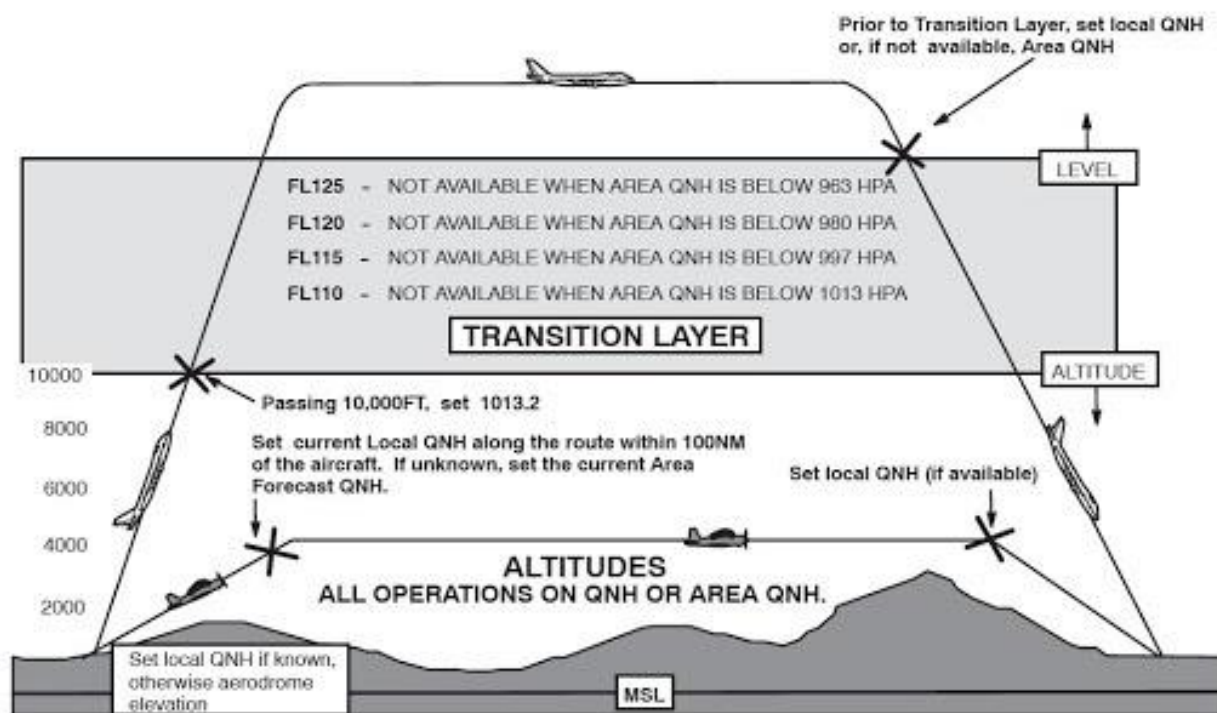
Из-за этого пилоты два раза в течение каждого рейса переставляют давление в настройках высотомера. **Во время набора высоты – с QFE или QNH на QNE, во время снижения – обратно. При снижении это происходит в момент прохождения «эшелона перехода», при наборе – в момент прохождения «высоты перехода», эти значения устанавливаются для каждого аэродрома индивидуально.**

Почему используются два разных слова? Потому, что высота перехода и эшелон перехода – разные. И потому, что при полёте в районе аэродрома используется термин **«высота» (по QFE или QNH)**, а в остальных случаях – **«эшелон» (по QNE)**.

Если пилоты по каким-то причинам забудут переставить давление на эшелоне перехода, то при полётах по QFE эта ошибка может стать куда более фатальной, чем при QNH.

Потому что при QNH давление на уровне моря, как правило, не очень значительно отличается от стандартного QNE (1013,25 гПа), разница заметна только при сильных циклонах или антициклонах.

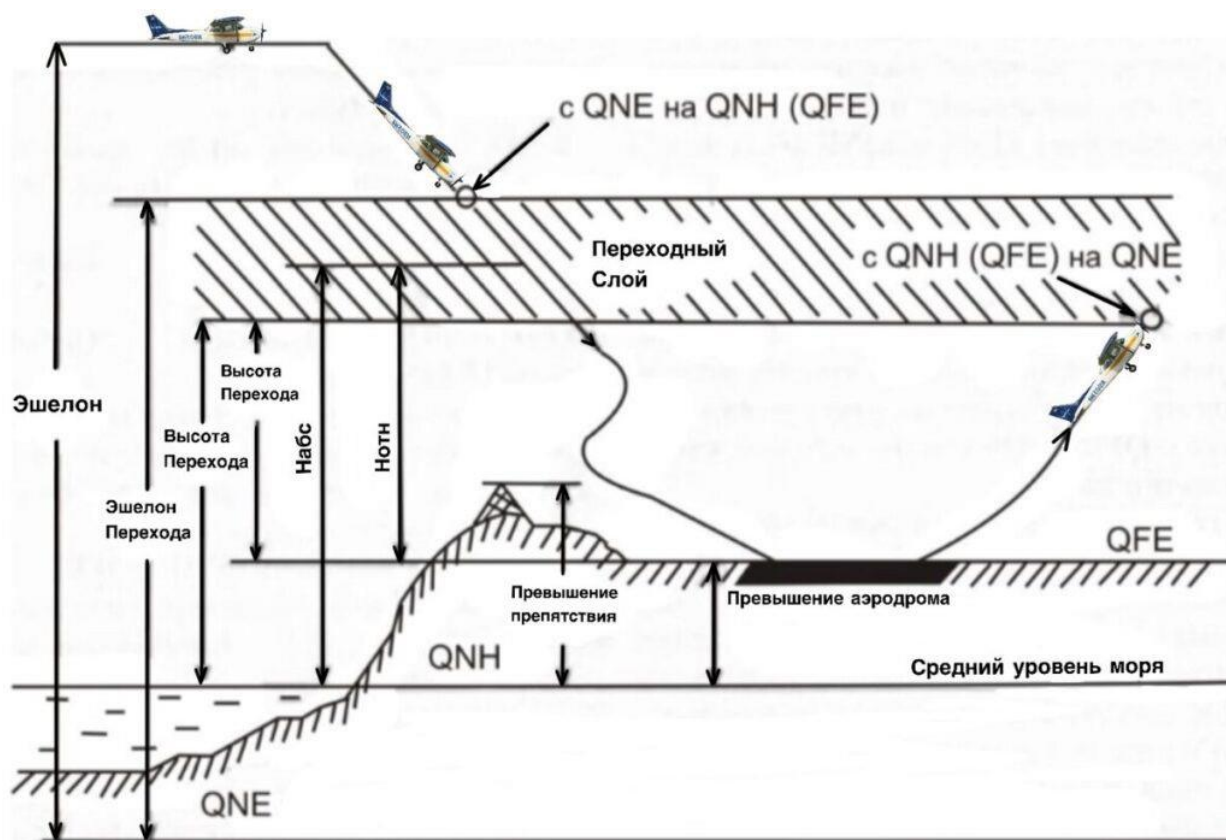
А вот давление на аэродроме отличается, и высотомер, если его не переставить, будет врать как раз примерно на превышение аэродрома.



Из-за этого самолёт может и на встречном эшелоне после набора высоты запросто оказаться, и при снижении показывать высоту больше реальной, что особенно чревато печальными последствиями при полётах в горной, холмистой местности в условиях недостаточной видимости.

В большинстве стран мира давно летают по QNH, потому что так безопаснее: менее фатальной будет ошибка пилота, кроме того, при QNH больше возможностей для автоматизации – например, системы предупреждения о столкновении с землёй и другая электроника лучше работает с QNH.

В СССР и впоследствии России традиционно летали по QFE. О переходе на QNH задумались после массового вывода советской техники в конце нулевых и с середины десятых процесс перехода пошёл. Он должен завершиться по плану к концу 2025 года. Переоборудования самолётов он не требует: высотомерам в общем всё равно, какое давление вы установите в качестве точки отсчёта.



Процесс не быстрый потому, что нужно заново перерисовать все аэронавигационные карты, схемы и т.п. для каждого аэродрома. Проблема же долгого перехода в том, что может произойти ситуация, когда аэродром вылета ещё работает по QFE, а аэродром назначения – по QNH. Или наоборот. Если пилоты запутаются и вместо QNH полетят по QFE, установив неправильные значения на высотомере, закончиться такой полёт может весьма печальным образом.

Преимущества QFE над QNH:

1) При использовании QFE, находясь на ВПП, мы видим на высотомере 0. При использовании QNH – превышение аэродрома над уровнем моря.

Больше преимуществ **не отмечено**.

Недостатки QFE по сравнению с QNH:

1) Высокая вероятность опасного сближения воздушных судов на встречных курсах при не перестановке давления на высоте перехода с QFE на стандартное.

Обоснование:

Предположим, что ВПП находится на высоте 330м относительно уровня моря. Если давление на уровне моря (QNH), предположим, 1015мб (761мм рт.ст.), то QFE в данном случае будет 975мб (731 мм рт.ст.).

Если экипаж, использовавший **QFE**, не переустановит давление на высоте перехода, то далее, занимая высоты по указанию диспетчера, ВС окажется фактически на 319 метров выше заданных высот, например, вместо эшелона 5700, ВС будет следовать на 6000, т.е., **встречном эшелоне**, что потенциально крайне опасно!

Расчет: диспетчер задает высоты относительно давления 760. У экипажа установлено давление 731. При изменении высоты в 11м на каждый 1 мм рт.ст. разница по высоте получается $29 \times 11 = 319\text{м}$.

Если же экипаж использовал **QNH**, то при не установке давления на высоте перехода, ВС окажется фактически... на 11м выше заданного эшелона, что **на безопасность не повлияет**.

2) Высокая опасность столкновения с земной поверхностью при не перестановке давления со стандартного на QFE на эшелоне перехода, особенно на горных аэродромах.

Обоснование:

Предположим, что мы выполняем заход на аэродроме, с превышением его над уровнем моря 880м. Высота пролета точки условного «третьего разворота» по QFE,

предположим, 900м (или 1780м по QNH), вход в глиссаду 600м.

Предположим, что QNH равно 1020 мБ (765 мм рт.ст.), следовательно, QFE равно 685 мм рт.ст.

Если экипаж при пересечении эшелона перехода не установит давление QFE, однако продолжит снижение до высоты 900м по прибору, то в случае игнорирования предупредительных сигнализаций, третий разворот будет фактически выполнен на высоте... 75м. Не предпринимая никаких действий, продолжая снижение с целью 600м к точке входа в глиссаду, самолет **столкнется с землей...**

Расчет: диспетчер задает высоты относительно давления QFE 685. У экипажа все еще установлено давление 760, что на 75 больше. Разница по высоте получается $75 \times 11 = 825\text{м}$.

Если же экипаж использовал QNH, то при не установке давления, третий разворот будет выполнен фактически на высоте 845м относительно аэродрома, что, опять же, не будет иметь фатального влияния на безопасность полетов.

Практика полетов показывает, что обычно QNH незначительно отличается от стандартного 1013мб (обычные значения 1000...1025мб). Весьма редко QNH имеет такие значения, как, например, 960 или 1060, это аномальные условия. Опять же, эти аномальные условия точно так же влияют и на QFE. В любом случае, ошибка в установке QNH, или не установка QNH **не имеет** такого катастрофического влияния на безопасность, как ошибка в QFE или его не установка.

СКОРОСТЬ ПОЛЕТА

Воздушная и путевая скорости

Знание скорости полета необходимо как для пилотирования самолета, так и для целей самолетовождения. Полет самолета на скорости ниже минимальной приводит к потере устойчивости и управляемости. Увеличение скорости сверх допустимой связано с опасностью разрушения самолета. Для целей самолетовождения знание скорости полета необходимо для выполнения различных навигационных расчетов.

Различают воздушную и путевую скорости самолета, измеряются они в километрах в час (км/ч).



Указатель скорости

Воздушной скоростью V называется скорость самолета относительно воздушной среды. Эту скорость самолет приобретает под действием силы тяги двигателей. Воздушная скорость зависит от аэродинамических качеств самолета, его полетного веса и плотности воздуха. Ветер не

оказывает влияния на ее величину и направление, которое при симметричной тяге двигателей совпадает с продольной осью самолета. Воздушная скорость измеряется указателем воздушной скорости.

Путевой скоростью W называется скорость самолета относительно земной поверхности. На ее величину влияет ветер, который уменьшает или увеличивает скорость движения воздушного судна относительно земной поверхности. Путевую скорость самолета рассчитывают или измеряют с помощью специального прибора.

Ошибки указателя воздушной скорости

Указатель воздушной скорости имеет инструментальные, аэродинамические и методические ошибки.

Инструментальные ошибки ΔV возникают по тем же причинам, что и аналогичные ошибки высотомера. Они определяются путем сличения показаний указателя скорости с показаниями точно выверенного прибора, заносятся в график или таблицу и учитываются при расчете скорости.

Аэродинамические ошибки ΔV_a возникают вследствие искажения воздушного потока в том месте, где установлен приемник воздушного давления. Характер и величина этих ошибок зависят от типа самолета, места установки приемника воздушного давления и скорости полета. При больших скоростях поток воздуха вокруг самолета искажается. Вследствие этого воспринимаемое приемником давление оказывается неправильным и в показаниях указателя скорости возникают аэродинамические ошибки. На скоростных самолетах они могут достигать 30—40 км/ч. Аэродинамические ошибки определяются на заводе при

выпуске самолета и заносятся в специальный график или таблицу поправок. На некоторых самолетах для упрощения учета поправок указателя скорости составляется таблица суммарных поправок, учитывающая инструментальные и аэродинамические ошибки.

Методические ошибки возникают вследствие несовпадения фактической плотности воздуха с плотностью, принятой при расчете шкалы указателя скорости.

Принцип работы указателей скорости основан на измерении скоростного напора q , приближенное значение которого равно $0,5\rho V^2$, т. е. скоростной напор является функцией, плотности воздуха ρ и воздушной скорости полета. При тарировке шкалы указателя скорости массовая плотность воздуха берется равной $0,125 \text{ кг}\cdot\text{сек}^2/\text{м}^4$. Поэтому показания указателя скорости верны только при стандартной плотности воздуха, которая бывает у земли при давлении 760 мм рт. ст. и температуре $+15^\circ\text{C}$. Фактическая плотность воздуха часто отличается от расчетной. С увеличением высоты плотность воздуха уменьшается, вследствие чего указатель скорости показывает скорость меньше истинной.

Ошибка указателя скорости, зависящая от плотности воздуха, учитывается при помощи навигационной линейки по температуре воздуха и высоте полета, от значения которых, как известно, зависит плотность воздуха. Кроме того, эта ошибка может быть учтена путем приближенного вычисления в уме.

Методические ошибки указателя скорости возникают также вследствие сжимаемости воздуха. При полете на скоростях более $350\text{—}400 \text{ км/ч}$ воздух впереди самолета сжимается и его плотность увеличивается, что вызывает увеличение скоростного напора и, следовательно, завышение показаний указателя скорости.

Учесть заранее эти ошибки при тарировке шкалы

однострелочного указателя скорости нельзя, так как сжимаемость воздуха зависит не только от скорости полета, но и от плотности воздуха (высоты полета).

Ошибки от сжимаемости воздуха, особенно на больших высотах, могут быть значительными и поэтому их необходимо учитывать при расчете скоростей.

Методические ошибки приводят к значительному расхождению приборной скорости с истинной, особенно при полетах на больших высотах и скоростях. Поэтому для скоростных и высотных самолетов разработаны двухстрелочные комбинированные указатели скорости, измеряющие как приборную скорость, которая используется для пилотирования самолета, так и истинную, используемую для целей самолетовождения.