

АТМОСФЕРНОЕ ДАВЛЕНИЕ

Атмосферное давление, измеряемое на всех метеорологических станциях, необходимо знать для составления приземных синоптических карт, отражающих состояние погоды в определенный момент времени. Данные об атмосферном давлении находят также широкое применение в различных отраслях науки и народного хозяйства.

Единицами для измерения атмосферного давления служат миллиметр ртутного столба (мм рт. ст.) и миллибар (мб). Миллиметр рт. ст. — это изменение атмосферного давления, соответствующее поднятию или опусканию ртутного столба в барометре на 1 мм. Миллибар — единица системы CGS; 1 мб — это давление, равное силе в 1000 дин, действующей на  $1\text{ см}^2$ . Соотношение между миллиметром рт. ст. и миллибаром таково: 1 мб — 0,75 мм рт. ст., 1 мм рт. ст. — 1,33 мб.

Среднее давление на уровне моря составляет 760 мм рт. ст., или 1013,2 мб. Эта величина принимается за стандартную, или «нормальную». Можно за стандартную величину принимать также давление, равное 1000 мб.

В зависимости от назначения приборы для измерения атмосферного давления изготавливаются различных моделей, но все они делятся на три основных типа: ртутные барометры (или манометры), anerоиды и гипсотермометры.

Ртутные барометры являются наиболее точными и употребляются в основном для измерения атмосферного давления на метеорологических станциях. По устройству сосудов, наполняемых ртутью, барометры делятся на три вида: чашечные, сифонно-чашечные и сифонные (рис. 2); употребительны два первых вида.

Чашечный барометр

Чашечный барометр имеет следующее устройство (рис. 3). Стекло́нная трубка 1, запаянная сверху и наполненная дистиллированной ртутью, погружена нижним открытым концом в пласт-

массовую или металлическую чашку 2 с ртутью. Чашка сообщается с наружным воздухом через отверстие, закрываемое винтом 3. Воздух в верхней части стеклянной трубки отсутствует, поэтому под действием внешнего давления воздуха на поверхность ртути в

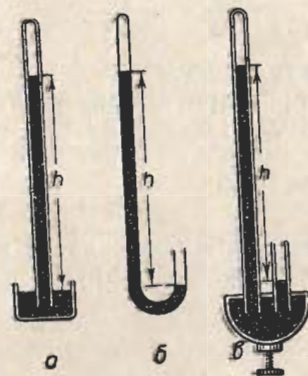


Рис. 2. Виды ртутных барометров: а — чашечный; б — сифонный; в — сифонно-чашечный



Рис. 3. Чашечный барометр

чашке столбик ртути в трубке поднимается до определенной высоты. Вес столба ртути будет равен атмосферному давлению.

Стекло́нная трубка с ртутью помещается в металлическую оправу, привинченную к чашке. В верхней части этой оправы сделан



продольный сквозной прорез для наблюдений за положением столбика ртути в трубке. На одной стороне прореза нанесена шкала в мм рт. ст. или мб. Для отсчета десятых долей внутри оправы находится кольцо с нониусом, перемещаемым вдоль шкалы с помощью винта 4. В средней части оправы вмонтирован термометр, по которому измеряют температуру прибора перед отсчетом высоты ртутного столба.

На метеорологической станции ртутный барометр помещается в специальном шкафчике, укрепленном на стене.

Уровень ртути в чашке вследствие колебаний атмосферного давления может оказаться выше или ниже нуля шкалы. Для исключения ошибок в определении высоты ртутного столба из-за такого несовпадения применяется особая, так называемая компенсированная шкала с делениями меньше 1 мм.

При повышении давления на единицу (мм рт. ст.) и ртуть в трубке должна подняться на одно деление шкалы, обозначенное через  $x$ . При этом, естественно, уровень ртути в чашке должен понизиться на величину  $y$  (рис. 4). Очевидно, что

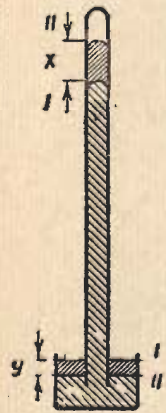


Рис. 4. К расчету компенсированной шкалы

где  $r$  — радиус трубки,  $R$  — радиус чашки.

В стационарных чашечных барометрах отношение сечения трубки к сечению чашки составляет 0,02, т. е.

$$\frac{y}{x} = 0,02. \quad (2)$$

Очевидно также, что при изменении давления воздуха на единицу (мм рт. ст.) общее изменение уровней в трубке и чашке должно быть равно одному миллиметру. Следовательно:

$$x + y = 1, \text{ или } y = 1 - x. \quad (3)$$

Из соотношений (2) и (3) находим, что

$$\frac{1-x}{x} = 0,02,$$

откуда  $x = 0,98$  мм.

Таким образом, мы нашли, что одно деление шкалы чашечного барометра равно 0,98 мм. Для шкалы, градуированной в мб,  $x = 0,735$  мм.

Чтобы найти высоту ртутного столба, соответствующую величине атмосферного давления в том или ином пункте, к отсчету по

ртутному барометру вводится ряд поправок: инструментальная, температурная, поправки на ускорение силы тяжести в зависимости от широты места и его высоты над уровнем моря.

**Поправки ртутного барометра.** Атмосферное давление  $P$  равно весу ртутного столба в барометрической трубке. Но для простоты и удобства атмосферное давление характеризуют обычно не весом, а высотой ртутного столба  $H$ . Вес этого столба ртути можно представить как произведение:

$$P = Hdg, \quad (4)$$

где  $d$  — плотность ртути,  $g$  — ускорение силы тяжести.

Величины  $d$  и  $g$  не обладают полным постоянством; поэтому непосредственные отсчеты высоты ртутного столба  $H$  по барометру, сделанные при разных температурах и различных ускорениях силы тяжести, несравнимы между собой. Их нужно привести к стандартным («нормальным») условиям путем введения соответствующих поправок.

При повышении температуры ртуть расширяется, плотность ее уменьшается, и высота ртутного столба оказывается завышенной по сравнению с наблюдениями при температуре  $0^\circ$ , которая и принимается за «нормальную». Таким образом, температурная поправка при температурах выше нуля будет иметь знак минус, а при температурах ниже нуля — плюс.

Ускорение силы тяжести, определяемое расстоянием от центра Земли, имеет наибольшее значение на полюсах, наименьшее — у экватора. Кроме того, оно уменьшается с удалением кверху от уровня моря. Для сравнимости всех наблюдений над давлением, проведенных на различных широтах и высотах над уровнем моря, их приводят к стандартной силе тяжести. За стандартное принято ускорение силы тяжести на широте  $45^\circ$  и на уровне моря. В низких широтах (от  $0$  до  $45^\circ$ ) показания ртутного барометра оказываются завышенными, а в высоких (от  $45$  до  $90^\circ$ ) — заниженными по сравнению с широтой  $45^\circ$ . С поднятием вверх от уровня моря показания также будут несколько завышены.

Таким образом, поправка на ускорение силы тяжести в зависимости от широты места будет положительной в высоких широтах и отрицательной — в низких. Поправка на ускорение силы тяжести в зависимости от высоты над уровнем моря будет отрицательная на всех высотах, имеющих абсолютную отметку выше уровня моря.

Кроме перечисленных поправок к отсчету по ртутному барометру вводится также инструментальная поправка, которой корректируются неточности в показаниях барометра, связанные с несовершенством его изготовления, например, неточной пригонкой шкалы, изменением радиуса трубки в разных ее частях и т. д. Инструментальную поправку находят путем сравнения данного прибора с эталоном и помещают в паспорте, прилагаемом к прибору.



Исправленная величина давления (отсчет + поправки) выражает собой вес атмосферного столба на уровне станции. Для того чтобы иметь возможность сопоставить данные по атмосферному давлению метеорологических станций, находящихся на разной абсолютной высоте, давление обычно «приводят» к уровню моря (рис. 5). Привести к уровню моря — это значит к исправленной величине атмосферного давления на уровне станции прибавить вес воздушного столба от уровня станции до уровня моря, выраженный в единицах давления:

$$P_{ур.м} = P_{ур.ст} + \Delta P. \quad (5)$$

Величину  $\Delta P$  для разных величин давления и температуры воздуха находят с помощью специальных таблиц (см. приложение III).

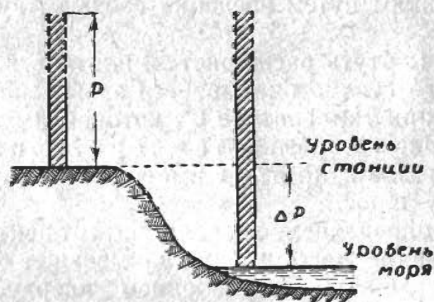


Рис. 5. Приведение давления к уровню моря

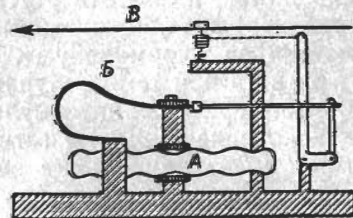


Рис. 6. Схема анероида

### Анероид

Принцип действия анероида основан на упругой деформации приемника под влиянием изменений атмосферного давления.

В качестве приемника употребляется металлическая анероидная коробка А (рис. 6) с гофрированным дном и крышкой. Воздух из коробки выкачивается почти полностью. Для того чтобы коробка не сплющивалась давлением окружающего воздуха, сильная пружина В оттягивает крышку коробки, приводя ее в равновесие. При увеличении внешнего давления крышка будет немного вдавливаясь внутрь коробки, при уменьшении — под действием пружины будет приподниматься вверх. Величина деформации коробки при изменении давления очень мала (0,3 мм при изменении давления на 80 мм рт. ст.). Но при помощи системы рычагов эти незначительные колебания крышки коробки увеличиваются от 200 до 800 раз и передаются на стрелку В, перемещающуюся вдоль шкалы с делениями. В верхней части анероида вмонтирован дугообразный термометр для измерения температуры прибора. Весь

механизм анероида помещается в металлический или пластмассовый корпус со стеклянной крышкой.

В настоящее время выпускаются также беспружинные анероиды. Роль пружины в них выполняют упругие крышки коробки. Принцип действия в этих анероидах состоит из 5—6 коробок.

**Поправки к анероиду.** К отсчетам по анероиду вводятся три поправки: икаловая, температурная и добавочная.

**Икаловая поправка.** Анероидная шкала делается стандартной для всех анероидов данного типа. Между тем в каждом анероиде могут быть свои инструментальные неточности и особенности в передаточном механизме. Вследствие этого показания анероидов могут отличаться от истинного давления, причем величина несоответствия будет неодинаковой в разных участках шкалы. В целях выявления этих ошибок анероиды сравниваются при разном давлении, создаваемом в искусственных условиях, с точным ртутным манометром, и таким образом получают их шкаловые поправки.

Введение температурной поправки обусловлено изменением упругих свойств коробки и пружины при изменении температуры окружающей среды. Так, например, при повышении температуры их упругость уменьшается, вследствие чего коробка сплющивается больше, и анероид показывает увеличение давления, хотя в действительности оно не менялось.

В паспорте прибора дается температурный коэффициент К, обозначающий изменение показаний анероида при повышении или понижении температуры на 1°. Для уменьшения величины температурного коэффициента в анероидах применяются два вида компенсации: а) с помощью биметаллической пластинки-компенсатора, состоящей из двух металлов с разными коэффициентами расширения; б) компенсация газом, состоящая в том, что в анероидной коробке при изготовлении оставляют немного газа (обычно азота). В настоящее время употребляется преимущественно второй вид компенсации.

Величина поправки для приведения показания анероида к 0°, обозначенная через X, равна

$$X = Kt,$$

где t — температура прибора.

Добавочная поправка обусловлена постепенным изменением внутренней структуры металла пружины и коробки, следствием чего является изменение их упругости. Поправка меняется со временем; поэтому анероиды периодически проверяют на заводах гидрометприборов, где находят новую добавочную поправку путем сравнения показаний анероида с ртутным барометром.

Анероид применяется в полевых условиях, в частности при барометрическом нивелировании, т. е. определении разности высот на местности по разности давлений, измеренных в верхней и ниж-