

Атмосферное давление и способы его измерения

Шамына В.С.

Белорусский национальный технический университет

Введение

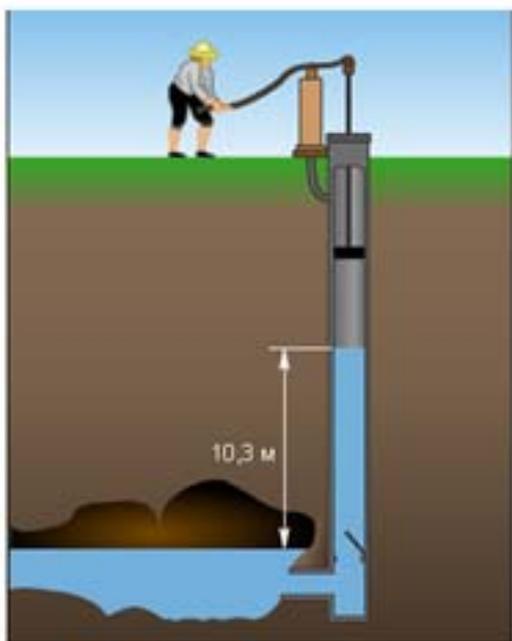
Современная атмосфера сформировалась в результате множества постепенных изменений и содержит примерно 78 % азота, 21 % кислорода и около 1 % большого числа других составных частей. Все слои имеют примерно одинаковый газовый состав. Общая масса атмосферного воздуха равна $5,25 \cdot 10^{15}$ т. Состояние атмосферы определяется рядом физических характеристик (параметров), основным из которых является атмосферное давление.

Ещё в глубокой древности человек замечал, что воздух оказывает давление на наземные предметы, особенно во время бурь и ураганов. Он пользовался этим давлением, заставляя ветер двигать парусные суда, вращать крылья ветряных мельниц. Однако долго не удавалось доказать, что воздух имеет вес. Только в XVII веке был поставлен опыт, доказавший весомость воздуха.

1. Возникновение теории об атмосферном давлении

Итальянский математик и физик Эванджелиста Торричелли родился в Фаэнце в небогатой семье; воспитывался у дяди. Учился в иезуитском колледже, а затем получил математическое образование в Риме. В 1641 г. Торричелли переехал в Арчетри, где помогал Галилею в обработке его трудов. С 1642 г., после смерти Галилея, придворный математик великого герцога Тосканского и одновременно профессор математики Флорентийского университета.

Наиболее известны труды Торричелли в области пневматики и механики. Он пошел в своих исследованиях ещё дальше и в 1643 году изобрел прибор для измерения атмосферного давления – барометр.

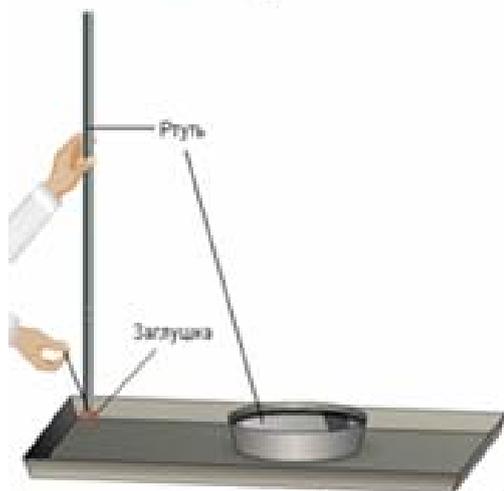


До середины 17 века считалось неприемлемым утверждение древнегреческого ученого Аристотеля о том, что вода поднимается поршнем насоса потому, что природа не терпит пустоты.

Однако при сооружении фонтанов во Флоренции (1678, г герцог Тосканский) обнаружилось, что засасываемая вода не желает подниматься выше 10,3 м.

Недоумевающие строители обратились за помощью Галилею, который сострил, что, вероятно, природа перестает бояться пустоты на высоте более 34 футов, но все же предложил разобраться в этом своему ученику Торричелли. Поиски причин упрямства воды и опыта с более тяжелой жидкости – ртутью, принятые в 1643 году Торричелли привели к открытию атмосферного давления.

Опыт Торричелли



На уровне моря высота ртутного столба составляет около 760 мм, считая её от свободной поверхности ртути

Стеклянную трубочку, длиной 1 м, запаянную с одного конца, наполняют доверху ртутью. Затем, плотно закрыв отверстие пальцем, трубочку поворачивают и опускают в чашу с ртутью. После этого палец убирают. Ртуть из трубки начинает выливаться, но не вся!

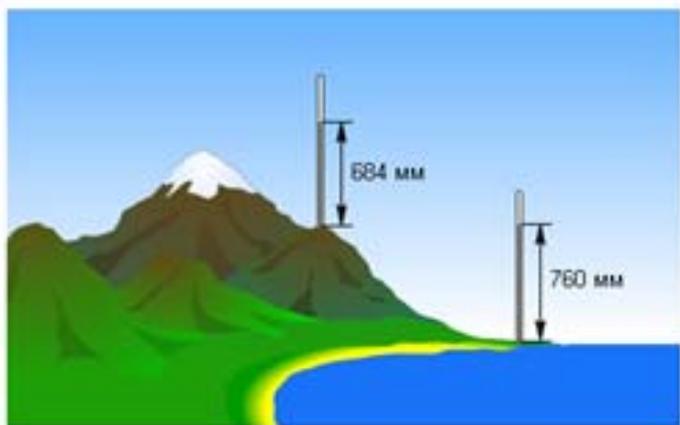
Осмысливая результаты эксперимента, Торричелли делает 2 вывода: в пространстве над ртутью в трубке нет воздуха (позже его назовут «торричеллиевой пустотой»), а ртуть не выливается из трубки обратно в сосуд потому, что атмосферный воздух давит на поверхность ртути в сосуде. Из этого следовало, что воздух имеет вес. Это утверждение казалось невероятным, не сразу было принято учеными. Однако в том, что воздух имеет вес, легко убедиться на опыте

Зная высоту столба и плотность жидкости, можно

определить величину давления атмосферы. Таким образом, из опыта Торричелли родилась метеорология.

В конце 1646 г молва об удивительных опытах Торричелли докатилось до французского города Руана, где в то время жил французский физик Блез Паскаль. Паскаль повторяет опыты Торричелли не только с ртутью, но и с маслом и с водой, красным вином, для чего потребовалось бочки, вместо чашек и трубки длиной 15 м. Эти эффектные опыты проводилось прямо на улицах Руаны, радуя жителей.

Паскаль осмелился верить, что в трубке Торричелли действительно есть пустота. И ищет этому доказательство. Для этого он инициирует опыты у подножья и на вершины горы Пюи – де Дом.



Эксперимент был проведен в 1648 г. и было доказано что при подъеме давление уменьшается. На каждые 12 м подъема давление уменьшается на 11 мм. Но на больших высотах это закономерность нарушается.

2. Атмосферное давление

Давление, оказываемое атмосферой Земли на все находящиеся в ней предметы, называется атмосферным давлением. Наибольшее давление, обусловленное весом воздуха, испытывает поверхность Земли, а также все тела, находящиеся на ней.

Показателем давления служит высота ртутного столба в мм, уравновешиваемого давлением воздуха. В системе СГС атмосферное давление измеряется в миллибарах (мбар), 760 мм рт. ст. эквивалентно 1013.25 мб. Основной единицей давления в системе СИ, служит паскаль [Па]; 1 Па = 1 Н/м². В системе СИ давление 1013.25 мб эквивалентно 101325 Па или 1013.25 гПа.

При повышении температуры воздух расширяется и конвективно поднимается, а давление падает. При уменьшении температуры воздух сжимается, становится более плотным, а давление растет.

Распределение атмосферного давления по земной поверхности обуславливает движение воздушных масс и атмосферных фронтов, определяет направление и скорость ветра.

«Нормальным» атмосферным давлением называется давление, равное весу ртутного столба высотой 760 мм, находящегося при температуре 0.0°C , на широте 45° и на уровне моря.

Но это вовсе не означает, что такая величина атмосферного давления является климатической нормой для всех регионов и в течение всего года. Жителям Владивостока, можно сказать, повезло: среднее атмосферное давление за год составляет около 761 мм.рт. ст., хотя и жители горной деревушки Ток-Джалунг в Тибете на высоте 4919 м, тоже не страдают, а атмосферное давление там при температуре 0° всего 413 мм.рт. ст.

Каждое утро в сводках погоды передаются данные об атмосферном давлении на уровне моря.

Почему же атмосферное давление, измеренное на суше, чаще всего приводят к уровню моря? Дело в том, что атмосферное давление убывает с высотой и довольно существенно. Так на высоте 5000 м оно уже примерно в два раза ниже. Поэтому для получения представления о реальном пространственном распределении атмосферного давления и для сравнимости его величины в различных местностях и на разных высотах, для составления синоптических карт и т.п., давление приводят к единому уровню, т.е. к уровню моря.

Измеренное на площадке метеостанции расположенной на высоте 187 м над уровнем моря атмосферное давление, в среднем на 16-18 мм.рт. ст. ниже, чем внизу на берегу моря. При подъеме на 10,5 метра атмосферное давление понижается на 1 мм ртутного столба.

Атмосферное давление изменяется не только с высотой. В одном и том же пункте на земной поверхности атмосферное давление, то увеличивается, то уменьшается. Причина колебаний атмосферного давления заключается в том, что давление воздуха зависит от его температуры. Воздух при нагревании расширяется. Теплый воздух легче холодного, поэтому 1 м воздуха на одной и той же высоте весит меньше, чем 1 м холодного. Значит, давление теплого воздуха на земную поверхность меньше, чем холодного.

В суточном ходе атмосферного давления обнаруживаются 2 максимума: в 9-10 ч и 21-22 ч, и 2 минимума: в 3-4 ч и 15-16 ч. Особенно правильный суточный ход оно имеет в тропических странах, где дневное колебание достигает 2,4 мм рт. ст., а ночное - 1,6 мм рт. см. С увеличением широты амплитуда изменения атмосферного давления уменьшается, но вместе с тем становятся более сильными непериодические изменения атмосферного давления.

3. Методы измерения атмосферного давления

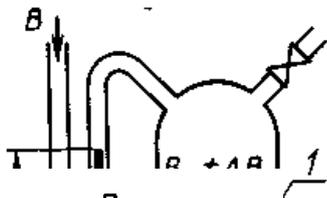
Барометр (греч. *baros* — тяжесть, давление и *metreo* — измеряю) — прибор для измерения атмосферного давления. Этот прибор используют на всех метеорологических станциях, где ведутся наблюдения за погодой. Более сложного устройства барометр установлен как эталонный в главной геофизической обсерватории в Санкт-Петербурге, и по нему выверяют все другие барометры. По принципу действия различают:



а) жидкостный, в частности ртутный барометр. Ртутный барометр состоит из вертикальной стеклянной трубки, наполненной ртутью; верхний конец трубки запаян, а нижний опущен в чашку с ртутью. В верхней части трубки образуется вакуум. При увеличении давления воздух давит на поверхность ртути в чашке и часть ртути входит в трубку, а при понижении давления происходит обратное. Трубка заключена в оправу, в верхней части которой имеется вертикальный прорез, позволяющий видеть мениск ртути. В пределах этого прореза на оправе нанесена шкала в миллиметрах ртутного столба.

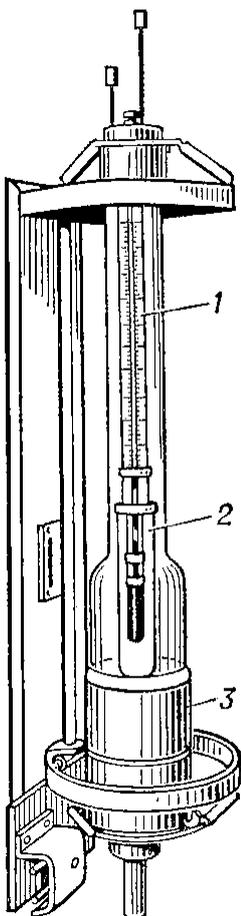


б) барометр-анероид («без жидкости»). Он более удобен в походах и экспедициях, чем ртутный. Анероид, построенный на использовании упругих деформаций тел при колебаниях давления. Колебания атмосферного давления воспринимаются круглой металлической коробкой с волнистыми стенками, из которой удален воздух. Эластические стенки коробки при повышении давления прогибаются, при уменьшении выпячиваются. Системой передач стенки коробки связаны со стрелкой прибора которая указывает на шкале прибора, градуированной в миллиметрах ртутного столба, величину атмосферного давления.



в) газовый — измеряет давление по величине объема постоянного количества газа, изолированного от внешнего воздуха подвижным столбиком жидкости;

В дифференциальном газовом барометре системы Д.И. Менделеева изменение атмосферного давления определяется комбинированным методом. Барометр состоит из замкнутого сосуда 1, соединенного с давлением окружающего воздуха при помощи V-образного жидкостного манометра 2. Барометр основан на уравнивании изменений атмосферного давления как столбом жидкости, так и сжатием (расширением) газа в замкнутом сосуде по закону Бойля-Мариотта. Как и ранее, необходимо тщательное термостатирование сосуда 1 или введение температурной поправки, равной 0,37 % на 1°C.



г) гипсотермометр — прибор для измерения высоты над уровнем моря, основанный на зависимости точки кипения воды от атмосферного давления.

Кипение жидкости наступает, когда упругость образующегося в ней пара достигает величины внешнего давления. Измерив температуру пара кипящей жидкости, по специальным таблицам находят величину атмосферного давления. Гипсотермометр состоит из специального термометра – 1, позволяющего отсчитывать температуру с точностью 0,01°, и кипятыльника, который

состоит из металлического сосуда – 3 с дистиллированной водой и раздвижной трубки – 2 с двойными стенками.

Термометр помещается внутри этой трубки и омывается парами кипящей воды. Выпускаются Г., у которых деления на шкале термометра нанесены в единицах давления (мм рт. ст. или мб).

На многих метеостанциях используют барограф — прибор, который осуществляет непрерывную запись хода атмосферного давления на вращаемом часовым механизмом барабане.

В качестве барометров могут выступать и некоторые растения, которые безошибочно подсказывают, какой будет погода.

В своём основном труде по механике «О движении свободно падающих и брошенных тяжёлых тел» (1641) Торричелли развивал идеи Галилея о движении, сформулировал принцип движения центров тяжести, установил параболичность траектории тел, брошенных под углом к горизонту, доказал другие теоремы баллистики. Торричелли заложил основы гидравлики, вывел формулу для скорости истечения идеальной жидкости из сосуда (формула Торричелли). Ему принадлежат также работы по математике (в частности, развил метод «неделимых») и баллистике, усовершенствованию оптических приборов, шлифовке линз. Усовершенствовал воздушный термоскоп Галилея, переделав его в спиртовой термометр.

Заключение

Атмосферное давление является важнейшей характеристикой состояния атмосферы. Оно оказывает большое влияние на процессы, происходящие на нашей планете, и, конечно, оно влияет на организм человека, поэтому нам просто необходимо иметь представление об атмосферном давлении и его измерении. На протяжении многих лет человек приумножил знания о нем. Появилось множество способов, методов, приборов для измерения этой важной характеристики атмосферы.

Литература

1. http://ru.wikipedia.org/wiki/Атмосферное_давление
2. http://class-fizika.narod.ru/7_davlprib.htm
3. <http://fcior.edu.ru/card/11196/atmosfernoe-davlenie-i-metody-ego-izmereniya.html>