

ИЗУЧЕНИЕ МЕТОДОВ ИЗМЕРЕНИЯ АТМОСФЕРНОГО ДАВЛЕНИЯ, СКОРОСТИ И НАПРАВЛЕНИЯ ВЕТРА

Цель упражнения – освоить сущность, методы и средства измерения атмосферного давления и характеристик ветра.

Основные задачи.

1. Ознакомиться с единицами измерения атмосферного давления.
2. Изучить устройство приборов для измерения и записи атмосферного давления.
3. Изучить устройство и установку флюгера, ручного анемометра, анеморумбометра и правила наблюдений по ним.

Исходные данные: учебно-справочная литература [1,4,10,19], чашечный барометр, барометр-анероид, барограф, ручной анемометр, анеморумбометр.

Теоретическая часть.

Атмосферное давление – это сила, с которой давит на единицу земной поверхности столб воздуха, расположенный от поверхности земли до верхней границы атмосферы.

Единицей измерения атмосферного давления в системе СИ является гектопаскаль (гПа). $1 \text{ гПа} = 100 \text{ Па}$. 1 Па – это давление, равное силе в 1 ньютон, которая действует на площадь 1 м^2 . $1 \text{ Па} = 1 \text{ Н/м}^2$.

Кроме того, в метеорологии используются единицы давления – миллибар (мб) и миллиметр ртутного столба (мм рт. ст.). 1 мб – это давление, равное силе 1000 дин, которое действует на площадь в 1 см^2 . Миллиметр ртутного столба – это изменение атмосферного давления, которое соответствует повышению или понижению ртутного столба в барометре на 1 мм.

Соотношения между приведенными единицами следующие:

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

Нормальным считается давление воздуха при температуре 0°C на уровне моря и широте 45° северного полушария, равное 1013 гПа, или 760 мм рт. ст.

Ветер, т.е. движение воздуха относительно земной поверхности, возникает вследствие различий атмосферного давления в разных точках атмосферы. Так как давление меняется по вертикали и по горизонтали, то воздух обычно движется под некоторым углом к земной поверхности. Но этот угол очень мал. Поэтому ветром большей частью считают горизонтальное движение воздуха.

Ветер характеризуется *направлением и скоростью*. Направление ветра определяется той точкой горизонта, откуда ветер дует. Для обозначения направления ветра в метеорологии используются 16 точек горизонта, называемых *румбами*, а иногда *азимут* той точки, откуда дует ветер. Этот азимут выражается в угловых градусах. При этом отсчет градусов ведется от севера через восток, так что северному направлению соответствует 0° , восточному – 90° , южному – 180° , западному – 270° . В приложении 6

представлены белорусские и международные названия румбов и приведены соответствующие им значения направления ветра в угловых градусах.

Скорость ветра выражается в метрах в секунду (м/с), а в некоторых случаях в километрах в час (км/ч). Для визуальной оценки скорости ветра в морской практике пользуются баллами по шкале Бофорта, приведенной в приложении 7.

Порядок выполнения.

На метеорологических станциях для измерения атмосферного давления используются ртутные барометры и барометры-анероиды, а для непрерывной регистрации изменения давления – барографы.

Стационарный чашечный барометр (рис. 11.1) состоит из двух основных частей: стеклянной трубки 1 и пластмассовой чашки 2, заполненной ртутью. Стеклянная трубка опущена открытым концом в чашку. Верхний конец трубки запаян. Чтобы воздух не попал в трубку, ее перед опусканием в чашку наполняют ртутью доверху. Чашка состоит из трех свинчивающихся частей. В верхней части 3, помимо отверстия для стеклянной трубки, имеется еще маленькое отверстие для сообщения ртути, находящейся в чашке, с атмосферным воздухом. Для предохранения ртути от загрязнения это отверстие закрывается винтом 4 с кожаной шайбой. В средней части чашки имеется диафрагма с круглыми отверстиями. Диафрагма, занимая некоторый объем, дает возможность наливать в чашку меньше ртути, а также предохраняет ртуть от сильных колебаний и от попадания воздуха в стеклянную трубку при переноске прибора. При сборке прибора стеклянную трубку и чашку заполняют дистиллированной ртутью. Стеклянная трубка окружена латунной защитной оправой 6, на которой имеются приспособления для отсчетов.

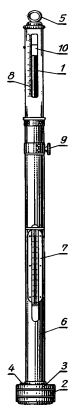


Рис. 11.1. Ртутный чашечный барометр

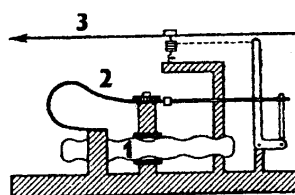


Рис.11.2. Схема барометра-анероида.

В нижней части оправы укреплен термометр 7 для отсчета температуры прибора. В верхней части оправы имеется сквозная прорезь, позволяющая видеть мениск ртутного столба в стеклянной трубке. С левой стороны нанесена шкала 8 с пределами измерений от 680 до 1110 гПа. Вдоль

стеклянной трубки с помощью кремальеры 9 перемещается кольцо с укрепленным на нем нониусом 10, который служит индексом для наводки на мениск ртутного столба и для отсчета десятых долей. Десять делений нониуса равны 9 делениям основной шкалы. В верхней части оправы имеется кольцо 5 для подвешивания барометра.

При отсчетах давления нониус подводят сверху до момента, пока не произойдет касание его нижнего среза верхней части мениска ртути в трубке. Отсчеты показаний барометра и термометра делают с точностью до 0,1 гПа и 0,1°C. Целые гПа отсчитывают по нижнему обрезу нониуса, а десятые – по нониусу. Деление нониуса, совпадающее с делением основной шкалы, показывает число десятых долей шкалы.

Барометр-анероид относится к деформационным барометрам, основанным на зависимости упругой деформации приемника под воздействием атмосферного давления. Приемником, который воспринимает изменение атмосферного давления, служит анероидная коробка 1, состоящая из двух спаянных между собой гофрированных мембран (рис. 11.2).

Воздух из коробки откачен. Наружное атмосферное давление направлено на сжатие коробки, но пружина 2 уравнивает стенки коробки в растянутом положении. В результате этого крышка коробки способна к деформациям в зависимости от изменения атмосферного давления. Колебания крышки коробки усиливаются специальной системой подвижных рычагов и передаются на стрелку 3, которая перемещается вдоль шкалы с делениями. К шкале анероида прикреплен термометр для измерения температуры прибора. Механизм анероида помещается в пластмассовый кожух.

Анероид устанавливают в горизонтальное положение. При наблюдениях по анероиду вначале отсчитывают температуру по термометру при анероиде с точностью до 0,1°. После этого, слегка постучав по стеклу анероида для преодоления трения в передающей части, отсчитывают положение стрелки относительно шкалы с точностью до 0,1 единиц измерения.

Барограф применяется для непрерывной регистрации изменений атмосферного давления. Он состоит из трех частей: приемной 1; передающей 2; регистрирующей 3 (рис. 11.3). Приемной частью, которая реагирует на изменение атмосферного давления, является несколько анероидных коробок, которые соединены вместе. Воздух из коробок откачен, чтобы коробки не сжимались под воздействием атмосферного давления в середине каждой коробки содержится пружина в виде рессоры. При увеличении атмосферного давления коробки сжимаются, а при уменьшении – растягиваются. Чувствительность анероидных коробок зависит от изменений температуры. Для исключения влияния температуры на показания барографа используется биметаллический термокомпенсатор.

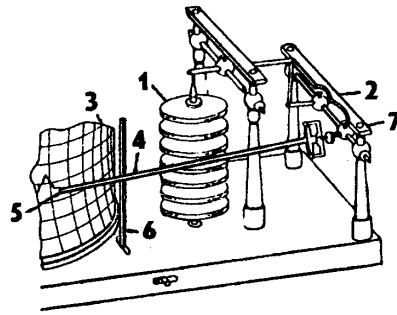


Рис. 11.3. Устройство рабочей части барографа

Колебания anerоидных коробок, обусловленные изменением атмосферного давления, через систему рычагов передаются на стрелку 4 с пером 5, которое заполняется специальными чернилами.

Регистрирующей частью барографа является барабан 3 с часовым механизмом внутри. На барабан надевается бумажная лента с делениями. На ленте барографа горизонтальные линии соответствуют атмосферному давлению в гПа, а вертикальные дуги – времени.

Зажим 6 позволяет отводить стрелку с пером от барабана в сроки замены ленты. Показания барографа контролируются данными ртутного барометра. Для этого в сроки наблюдений на ленте барографа делается засечка при помощи кнопки 7. Барографы в зависимости от скорости хода часового механизма бывают суточные и недельные. Обработка ленты суточного барографа осуществляется так же, как и термографа.

Скорость и направление ветра – очень изменчивые характеристики физического состояния атмосферы. Поэтому среднюю скорость ветра принято определять за десятиминутный, а направление – за двухминутный интервал времени. При этом отмечается максимальный порыв ветра (максимальная скорость). Кроме этого определяется изменчивость скорости и направление ветра или его порывистость. Порывистость оценивается качественно: по направлению – постоянный или переменный, а по скорости – ровный или порывистый.

Для измерения направления и скорости ветра используются флюгер, ручной чашечный анемометр и анеморумбометр.

Флюгер является наиболее простым по устройству и широко распространенным прибором для измерения направления и скорости ветра. Указателем направления ветра у флюгера служит двухлопастная флюгарка 1 с противовесом 2 и восемь штифтов 3, ввинченных в муфту 4, причем четыре штифта длинные и четыре короткие (рис. 11.4).

Длинные штифты соответствуют направлению С, Ю, З, В, короткие – СЗ, СВ, ЮЗ, ЮВ. Один штифт, обозначенный буквой С, должен быть направлен строго на север. Под действием ветра флюгарка вращается вокруг вертикальной оси. Направление ветра определяют по положению противовеса флюгарки относительно штифтов.

Указатель скорости ветра состоит из железной доски 5 размером 15×30 см, свободно качающейся над флюгаркой около горизонтальной оси 6, закрепленной на металлическом стержне 7, и восьми штифтов, ввинченных в дугу 8, которая также соединена с осью 6 металлическим стержнем 9.

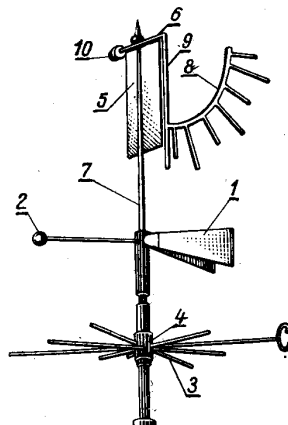


Рис. 11.4. Флюгер

Для уравнивания дуги на другом конце оси навинчен груз 10. Нумерация штифтов начинается с отвесного штифта, имеющего нулевой номер. Для удобства отсчета четные штифты (0, 2, 4, 6) делают длиннее нечетных (1, 3, 5, 7). Различают флюгеры с легкой доской (200 г) и с тяжелой (800 г).

Под воздействием ветра флюгарка устанавливается в его направлении, а доска – всегда перпендикулярно направлению ветра и отклоняется на угол, который зависит от скорости ветра, и ставится рядом с соответствующим штифтом. При помощи флюгера с легкой доской можно измерять скорость ветра до 20 м/с, а с тяжелой – до 40 м/с.

Флюгер устанавливают на металлической мачте высотой 10–12 м от поверхности земли с условием, чтобы окружающие его здания, деревья и другие предметы были на значительном расстоянии и не оказали влияние на его показания. Он ориентируется длинным штифтом с буквой С (N) на север.

При определении направления ветра наблюдатель должен стоять рядом с мачтой; на протяжении 2 мин наблюдатель за положением флюгарки и отмечать среднее ее местоположение в отношении штифтов, что указывают стороны света.

Для определения скорости ветра наблюдатель должен отойти от мачты и стать в направлении, перпендикулярном положению флюгарки. На протяжении 2 мин необходимо следить за колебанием доски и определить ее среднее положение за этот промежуток времени в отношении штифтов.

В книгу наблюдений записывают направление ветра и номер штифта, около которого или между которыми отмечено среднее положение доски. После этого скорость ветра переводят в метры в секунду, используя данные приложения 8.

По флюгеру определяется также характер ветра. Направление ветра считается *постоянным*, если на протяжении наблюдений противовес

колеблется в пределах одного румба. В других случаях ветер считается *переменным*. Ветер называют *ровным*, если доска колеблется на протяжении 2 мин около одного штифта или между двумя соседними. Если амплитуда колебаний более двух штифтов, ветер характеризуется как *порывистый*.

Ручной чашечный анемометр применяется для измерения средней скорости ветра в пределах от 1 до 20 м/с за определенный промежуток времени. Приемной частью данного прибора является вертушка с четырьмя полусферическими чашками 1 (рис. 11.5). Она крепится на металлической оси 2. На нижнем конце оси имеется резьбовая нарезка, соединенная с шестеренчатым механизмом, который находится в пластмассовом корпусе 4. Полушария защищены от механических повреждений проволочными дужками 3. Полушария защищены от механических повреждений проволочными дужками 3.

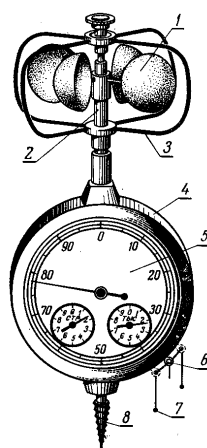


Рис. 11.5. Ручной чашечный анемометр

Шестеренчатый механизм представляет собой счетчик количества оборотов вертушки при воздействии на нее ветра. Счетчик связан с тремя стрелками, которые перемещаются вдоль трех циферблатов 5. По показаниям большой стрелки отсчитывают единицы и десятки оборотов от 0 до 100. По показаниям двух маленьких стрелок отсчитывают сотни и тысячи оборотов, соответствующие им циферблаты имеют по 10 делений.

Счетный механизм включается и выключается арретиром, выступающий конец которого расположен сбоку корпуса и имеет вид подвижного кольца 6. Движением арретира 6 вверх (против часовой стрелки) счетчик анемометра включают, а движением вниз (по часовой стрелке) – выключают. Время измерения скорости ветра анемометром должно быть не менее 100 с. Для включения и выключения арретира к нему привязывают шнурок, а концы его пропускают в ушки 7. В нижней части прибора имеется винт 8 для установки анемометра на деревянном столбе.

Анеморумбометр – дистанционный прибор. Он служит для измерения скорости ветра, осредненной за 10-минутный интервал, максимальной мгновенной скорости ветра между сроками наблюдений и направления ветра (рис. 11.6).

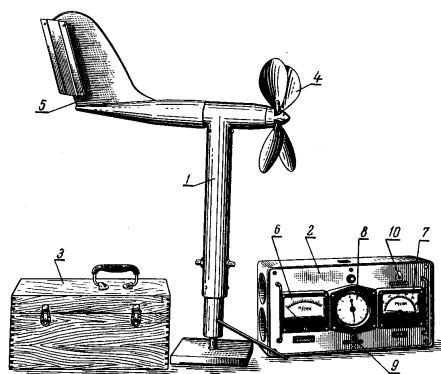


Рис. 11.6. Анеморумбометр

Принцип действия анеморумбометра основан на преобразовании направления и скорости ветра в электрические величины. В комплект прибора входит датчик *1*, измерительный пульт *2* и блок питания *3*. Датчик состоит из обтекаемого корпуса, вращающегося вокруг вертикальной неподвижной стойки. В конце корпуса находится флюгарка *5*, а в начале – четырехлопастный винт *4* с горизонтальной плоскостью вращения, которая с помощью флюгарки устанавливается всегда перпендикулярно направлению воздушного потока. Внизу вертикальной стойки находится ориентир для установки датчика относительно сторон света и штепсельный разъем для подключения соединительного кабеля.

Измерительный пульт – настольный прибор, на лицевой стороне которого размещены указатель мгновенной скорости *6*, указатель средней скорости *7* и указатель направления ветра *8*.

Блок питания состоит из двух батарей аккумуляторов, вольтметра для измерения напряжения аккумуляторов и тумблера. Блок питания подключается к сети переменного тока.

Датчик анеморумбометра устанавливают на высокой мачте, а измерительный пульт и блок питания – в служебном помещении на столе. Датчик и измерительный пульт соединены между собой многожильным кабелем длиной 150 м, а измерительный пульт и блок питания – проводом длиной 2 м.

Для измерения направления ветра на 2 мин нажимают кнопку *9* и на глаз определяют среднее положение стрелки за это время. Максимальную скорость ветра, зафиксированную прибором между сроками наблюдений, отсчитывают по шкале *6* указателя. После этого, нажав кнопку *10*, сбрасывают ее и отсчитывают еще максимальную скорость за 2-минутный интервал. Осредненную за 10-минутный интервал скорость ветра измеряют по шкале *7*. Отсчеты скорости ветра производят с точностью до 1 м/с. Осреднение скорости ветра и регистрация максимальных значений осуществляются автоматически. Пределы измерения скорости ветра – от 1,5 до 60 м/с.

Контрольные вопросы

1. В каких единицах измеряют атмосферное давление?
2. Какой принцип работы приборов для измерения и записи атмосферного давления?
3. Какими способами определяют направление и скорость ветра?
4. Устройство и принцип работы ручного чашечного анемометра.
5. Чем отличаются приборы: анемометр, анемограф, анеморумбометр, анеморумбограф?

